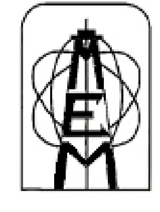


CORPORACIÓN DE DESARROLLO E INVESTIGACIÓN
GEOLÓGICO-MINERO-METALÚRGICA



MINISTERIO DE ENERGÍA
Y MINAS



DEPARTMENT FOR
INTERNATIONAL DEVELOPMENT



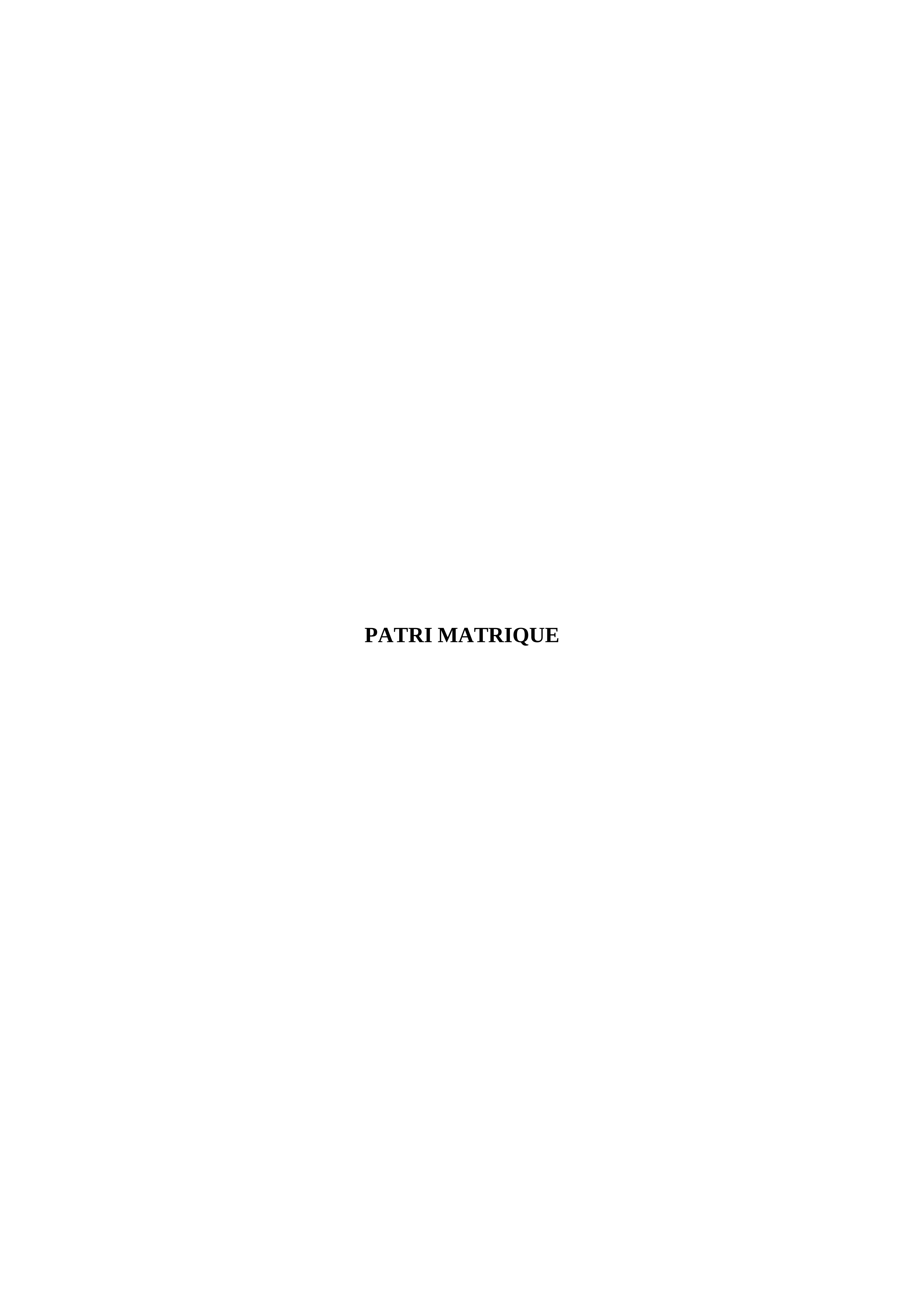
BRITISH GEOLOGICAL SURVEY

INFORME No. 6

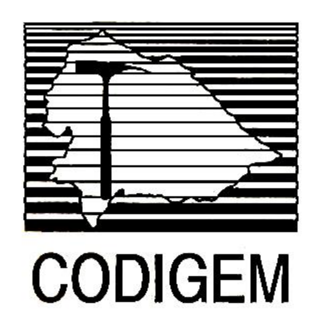
MAPA PARCIAL DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR

PROYECTO DE DESARROLLO MINERO Y CONTROL AMBIENTAL DEL BANCO MUNDIAL

PROGRAMA DE INFORMACIÓN Y CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA (CORDILLERA OCCIDENTAL)



PATRI MATRIQUE





PROYECTO DE DESARROLLO MINERO Y CONTROL AMBIENTAL

PROGRAMA DE INFORMACIÓN Y CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA

Informe Número 6

CONTROL DE CALIDAD DE DATOS GEOQUÍMICOS

P. N. Dunkley

A. Gaibor C.

CODIGEM-BRITISH GEOLOGICAL SURVEY

Quito-Ecuador

1997

Traducción al español por

Stalyn Paucar

2024

Referencia

Dunkley, P. & Gaibor, A. (1997). *Control de Calidad de Datos Geoquímicos* (Stalyn Paucar, Ed. y Trad., 2024). Informe Número 6. Programa de Información y Cartografía Geológica. BGS-CODIGEM/MEM.

CONTENIDO

FIGURAS

TABLAS

ANEXOS

1. INTRODUCCIÓN

Este informe describe los métodos utilizados para evaluar y monitorear la calidad de los análisis geoquímicos de sedimentos fluviales durante el primer año del Programa de Información y Cartografía Geológica (PICG).

Basándose en esta evaluación, se hacen recomendaciones para monitorear la calidad de los análisis durante el resto del estudio geoquímico.

1.1 Recolección de muestras

El método de muestreo se describe detalladamente en el informe de Dunkley et al. (1997) y cumple con los procedimientos dados en la sección 12.5.1.4 del informe final del Proyecto IGCP 259 (Darnley et al., 1995). En resumen, los sedimentos fluviales activos se tamizan húmedos en el campo y se recolecta la fracción de malla 80 (177μm) para su análisis. Una característica importante del método es que se evita la pérdida de material fino por lavado excesivo utilizando una cantidad limitada de agua durante el tamizado, la cual se recicla y finalmente se deja reposar durante 20 minutos para permitir que se sedimenten casi todas las partículas más finas antes de la recolección. Las muestras se recolectan como una suspensión de sedimento y agua en bolsas de muestreo Kraft prenumeradas.

1.2 Preparación de muestras

Al regresar del campo, inicialmente las muestras se dejan reposar durante varias horas (generalmente durante la noche) para permitir que las partículas finas se sedimenten antes de decantar el exceso de agua. Luego se secan bajo condiciones ambientales (sol y aire) en sus bolsas originales.

Al regresar a la oficina, las muestras se desagregan manualmente usando morteros y pilones de cerámica. Esto se hace para descomponer cualquier grano agregado y terrones arcillosos que se formen durante el proceso de secado, con el fin de obtener una muestra fina y homogénea para el análisis. Es importante en esta etapa no moler en exceso las muestras. Posteriormente, las muestras se dividen por cono y cuarteo, y se envían 50 gramos de cada muestra al laboratorio en nuevas bolsas de muestreo Kraft. Las muestras residuales se devuelven a sus bolsas originales para su almacenamiento.

1.3 Sistema de numeración de muestras

Los números de muestra utilizados en el campo están en orden aleatorio. Al comienzo del proyecto, se numeraron secuencialmente 3000 bolsas de muestra (del 1 al 3000) y luego se mezclaron completamente. Los equipos de muestreo recibieron las bolsas de muestra aleatorizadas en lotes de 50. En el segundo año del proyecto, se numeraron y mezclaron otras 7000 bolsas para alcanzar un total de 10000.

Las muestras se envían para análisis químico en lotes de 120. Antes de su envío, se colocan en orden numérico. De esta manera, las muestras consecutivas dentro de cada lote analítico provienen de ubicaciones ampliamente dispersas y de diferentes equipos de muestreo. A través de este proceso de aleatorización, cualquier variación sistemática entre lotes en los análisis químicos (producida por errores en el laboratorio) se transforma en una mayor variabilidad analítica y, por lo tanto, aumenta el ruido de fondo en toda el área. Por el contrario, sin aleatorización, la variación analítica entre lotes podría resultar en diferencias en los niveles de fondo entre las áreas de las cuales se habrían originado cada lote de muestras.

1.4 Análisis químico

Las muestras se envían a Bondar Clegg en Vancouver para su análisis utilizando los siguientes métodos:

Oro (Au) mediante ensayo al fuego y espectrometría de absorción atómica.

Digestión con agua regia (HCl + HNO_3, 3:1) seguida por:

Análisis de Ag, Cu, Pb, Zn, Mo, Ni, Co, Cd, Bi, As, Sb, Fe, Mn, Te, Ba, Cr, V, Sn, W, La, Al, Mg, Ca, Na, K, Sr, Y, Ga, Li, Nb, Sc, Ta, Ti y Zr mediante espectrometría de emisión atómica con plasma acoplado inductivamente (ICP-AES).

Análisis de As y Sb en la misma solución mediante generación de hidruros y determinación por espectrometría de absorción atómica.

Análisis de Hg en la misma solución mediante generación de vapor frío y determinación por espectrometría de absorción atómica.

Para el análisis de Au por ensayo al fuego, la práctica estándar es analizar muestras de 30 gramos. Sin embargo, durante el primer año del proyecto, se analizaron alícuotas de 20 gramos porque no estaba claro si se podían recolectar suficientes muestras en algunas áreas para un ensayo de 30 gramos, considerando que el laboratorio requería suficiente material para un análisis duplicado y también era deseable retener algunas muestras residuales para archivarlas. En retrospectiva, esto resultó ser acertado, ya que en muchos sitios no se obtuvieron muestras suficientes para un ensayo duplicado de 30 gramos. Sin embargo, debido a las dificultades inherentes para obtener muestras representativas para el análisis de oro, debido a los efectos pepita, una alícuota más grande habría sido preferible. En el segundo año del programa de muestreo, se obtuvieron muestras más que suficientes en la mayoría de los sitios, por lo tanto, el esquema analítico se modificó para analizar alícuotas de 30 gramos para Au.

2. DEFINICIONES

Cuando una muestra geoquímica finamente dividida se analiza repetidamente utilizando un procedimiento fijo, se obtienen resultados variables para la concentración del analito. Esta variación es causada por una combinación de todos los pequeños errores que se introducen en cada etapa del procedimiento, incluyendo errores en el pesaje, la disolución, la medición del volumen y la instrumentación.

El error analítico generalmente sigue una distribución normal (Thompson, 1983). Así, la variabilidad de los análisis puede describirse mediante los dos parámetros de la distribución de probabilidad, es decir, la media y la desviación estándar.

La tendencia central de los resultados se estima mediante la media aritmética ($\bar{x}$) dada por la fórmula:

$$\bar{x} = \sum \frac{x_i}{n}$$

Donde x_i son los valores sucesivos de las n observaciones.

La dispersión de los resultados se cuantifica mediante la desviación estándar estimada (s) dada por la fórmula:

$$s = \sqrt{\frac{\sum(\bar{x} - x_i)^2}{n - 1}}$$

Basado en la distribución normal de probabilidad, es posible estimar la proporción de valores que deberían caer dentro de ciertos rangos, expresados en términos de unidades de desviación estándar por encima y por debajo de la media. Utilizando estos parámetros, que pueden obtenerse de tablas estadísticas estándar, se pueden definir límites de confianza para un resultado analítico. La Tabla 1 indica la proporción de valores que deberían caer dentro de rangos comúnmente utilizados de unidades de desviación estándar. Por ejemplo, el 95% de los valores deberían caer dentro del rango $\bar{x} \pm 1.96s$ y un promedio de solo el 5% debería caer fuera de este rango.

Tabla 1. La proporción de observaciones que caen dentro de rangos de la distribución normal expresada como desviación estándar respecto a la media (Tomado de Thompson, 1983).

Rango	**Proporción**
$\bar{x} \pm s$	68.26 %
$\bar{x} \pm 1.96s$	95.00 %
$\bar{x} \pm 2s$	95.46 %
$\bar{x} \pm 3s$	99.74 %

En geoquímica, el término *exactitud* se utiliza para denotar cuán cerca está un resultado analítico de la verdadera concentración del analito, y el término *sesgo* para la diferencia entre el resultado analítico y la verdadera concentración. En realidad, el valor verdadero no puede ser determinado. Solo puede hacerse una estimación del valor verdadero utilizando una variedad de métodos analíticos basados en diferentes principios físicos, cada uno de los cuales recibe una ponderación apropiada según las limitaciones del método. Por esta razón, los resultados analíticos de muestras geoquímicas de referencia deben expresarse como *valores aceptables o preferidos* en lugar de como valores verdaderos.

La *precisión* es una medida de cuán repetible y comparable es un resultado. Para un elemento dado en una muestra dada, un método analítico con buena precisión debería producir un rango más pequeño de resultados analíticos que un método con baja precisión.

En geoquímica, la precisión generalmente se define como:

$$p = \frac{(2s)}{\bar{x}} * 100\% \qquad (1)$$

En otras palabras, el rango relativo a la concentración en el cual aproximadamente el 95% (en realidad 95.46%) de los análisis deberían caer (ver Tabla 1).

La precisión definida de esta manera está relacionada con una concentración específica. Sin embargo, la precisión varía con la concentración, mejorando generalmente con una mayor concentración, como se muestra en la Figura 1. Por lo tanto, los valores de precisión deben ser calificados por la concentración en la cual se han medido. Por ejemplo, en el Anexo 1, la precisión para el cobre obtenida mediante análisis replicados de la muestra de referencia J-1 es del 15.14% a 181.4 ppm, mientras que para la muestra de referencia COR-1 es del 36.02% a 20.7 ppm (siendo las concentraciones promedio de los análisis replicados).

Una buena precisión no necesariamente significa buena exactitud. En la exploración geoquímica es muy importante obtener y mantener la mejor precisión posible, de manera que los análisis de muestras recolectadas en sitios ampliamente espaciados durante períodos de tiempo prolongados puedan compararse. No obstante, sigue siendo importante en la geoquímica de exploración tener una verificación de la exactitud para poder comparar resultados obtenidos de diferentes estudios o quizás por diferentes métodos de análisis.

El *límite de detección* es la concentración más baja que se puede estimar a partir de un solo análisis. La IUPAC (1978) define el límite de detección como la concentración del analito que corresponde a un nivel de respuesta igual a la lectura promedio del blanco más tres desviaciones estándar. Sin embargo, esta definición no define completamente un blanco. Por ejemplo, los límites de detección instrumentales pueden obtenerse mediante el análisis repetido de una solución de blanco (una solución pura que no contiene una muestra disuelta) durante el intervalo de tiempo más corto posible. Esto proporciona el límite de detección más bajo posible, pero no tiene en cuenta efectos de matriz, como interferencias entre elementos, que ocurren en el análisis de muestras reales. Los límites de detección realistas pueden obtenerse mediante el análisis replicado de una serie de muestras en condiciones normales. Las desviaciones estándar de los análisis replicados para cada muestra se extrapolan gráficamente o mediante regresión para obtener una estimación de la desviación estándar en concentración cero (s_0). Una estimación del límite de detección del sistema se da entonces por $3s_0$. Este valor suele ser de 4 a 20 veces mayor que el límite de detección instrumental (Thompson, 1988).

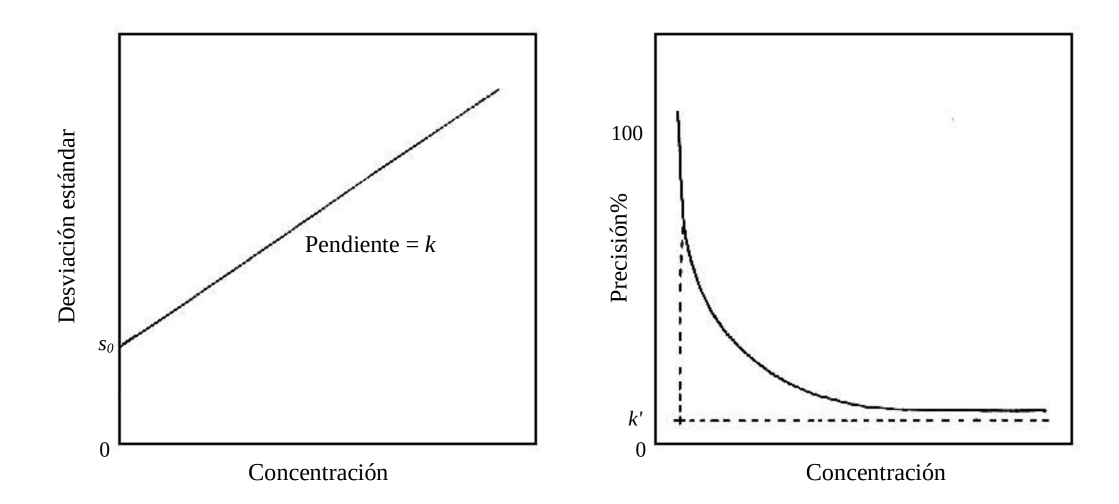


Figura 1. Concentración vs Desviación estándar (izquierda) y Concentración vs Precisión% (derecha)

3. MÉTODOS DE CONTROL DE CALIDAD UTILIZADOS POR EL PICG

La calidad de los análisis en el PICG ha sido evaluada y controlada mediante varios métodos diferentes. Estos incluyen el análisis rutinario de muestras de referencia y el análisis de muestras en duplicado.

3.1 Uso de muestras de referencia

La calidad de los análisis químicos puede ser monitoreada utilizando muestras de referencia. Estas muestras de referencia se preparan en cantidades relativamente grandes y se envían rutinariamente con cada lote analítico de muestras para monitorear la precisión. Las muestras de referencia también se analizan en otros laboratorios para tener una idea de la exactitud de los resultados obtenidos por el laboratorio de rutina.

Antes de comenzar el programa analítico del PICG, se recolectaron y prepararon tres muestras de sedimentos fluviales de referencia en cantidades grandes (15-20 kg cada una). Una muestra, J-1, fue recolectada del Río Junín. Contiene concentraciones débilmente a moderadamente anómalas de algunos de los elementos de interés para la exploración mineral (Cu, As, Sb, Hg). Otra muestra, COR-1, fue recolectada del Río Angamarca cerca de El Corazón y contiene bajas concentraciones de estos elementos. Porciones de estas dos muestras también se mezclaron para formar una tercera muestra de referencia (M-1) de composición intermedia. Las tres muestras de referencia fueron divididas en alícuotas de 50 gramos mediante la combinación de riffling y cono-cuarteo. Se prepararon 200 particiones de cada muestra de referencia y se almacenaron en bolsas de muestreo Kraft. Dos particiones de cada una de las tres muestras de referencia se incluyeron en cada lote de 120 muestras enviado al laboratorio. Estas muestras tienen exactamente la misma apariencia que las muestras de rutina y por lo tanto no pueden ser reconocidas como muestras de referencia por el laboratorio.

Durante el curso del primer año del programa analítico, cada muestra de referencia fue analizada 30 veces. Se calcularon las medias y desviaciones estándar de los análisis replicados para cada elemento en cada muestra de referencia. Los valores que caían fuera de los límites de $\bar{x} \pm 3s$ fueron rechazados como posiblemente espurios, resultantes de errores no sistemáticos o errores graves, y se recalculó la media y las desviaciones estándar.

Los resultados y análisis estadísticos de las muestras de referencia se encuentran en el Anexo 1. Los valores medios ($\bar{x}$) se toman como los valores aceptables para estas muestras. Las concentraciones de varios elementos están por debajo de los límites de detección citados por Bondar Clegg (por ejemplo, Ag, Cd, etc.). Desafortunadamente, los valores reales obtenidos por debajo del límite de detección no son reportados por el laboratorio, sino simplemente citados como “por debajo del límite de detección”, cuando en la práctica se obtienen valores reales por el laboratorio que incluyen valores negativos (es decir, un valor por debajo de 0). Para algunos elementos dentro de las muestras de referencia, las concentraciones están muy por debajo del límite de detección del laboratorio. Para otros elementos, las concentraciones están cerca del límite de detección y una gran proporción de los valores se cita como por debajo del límite de detección. En tales casos, no es posible calcular las concentraciones medias de estos elementos en las muestras de referencia. En los casos donde un elemento ocurre en baja concentración, pero la gran mayoría de los resultados analíticos están por encima del límite de detección del laboratorio, con solo unos pocos citados por debajo del límite, esos valores por debajo de la detección se restablecieron al 2/3 del límite de detección citado por el laboratorio antes de calcular el valor medio.

Las tres muestras de referencia (J-1, M-1 y COR-1) también fueron analizadas en los laboratorios del British Geological Survey (BGS) para proporcionar una verificación interlaboratorial. Aquí fueron analizadas utilizando métodos comparables, pero no idénticos a los utilizados por Bondar Clegg. Estos métodos consistieron en la digestión con agua regia seguida de una combinación de ICP-AES e ICP-MS para todos los elementos, excepto Hg, que se determinó mediante espectroscopía de fluorescencia atómica. Los resultados para la mayoría de los elementos traza son muy comparables entre los dos laboratorios (ver Anexo 1). Para algunos de los elementos mayores, los resultados del BGS son más altos que los de Bondar Clegg. Esto probablemente se debe a diferencias en el método real de digestión con agua regia entre los dos laboratorios; el BGS utilizó un método que implicaba el reflujo del ácido, lo que probablemente resulta en una digestión más completa. Como verificación, el BGS también analizó los elementos principales por XRF, que al ser un método de análisis total dio resultados más altos que las técnicas químicas húmedas.

Cuatro muestras de referencia del BGS (S14, S15, S24 y S3B) también fueron enviadas a Bondar Clegg bajo la apariencia de muestras rutinarias. Los análisis de estos estándares para elementos seleccionados se presentan en el Anexo 1 junto con los valores promedio de análisis replicados obtenidos en el BGS utilizando XRF para comparación. Para Cu, Zn y As hay una muy buena concordancia entre los dos conjuntos de resultados. Para otros elementos hay una comparación razonable, aunque los resultados de XRF son más altos (por ejemplo, para Pb y Ni). Esto se debe a que el XRF produce un análisis total que incluye metales contenidos en minerales silicatos.

Para monitorear la precisión y exactitud de los lotes, los análisis de cada una de las tres muestras de referencia J-1, M-1 y COR-1 se presentan en gráficos de control, donde la concentración se grafica contra el número de lote de muestra (Anexo 2). En estos gráficos también se muestran líneas que representan los intervalos de la media más y menos la desviación estándar. Considerando la distribución normal, se espera que solo alrededor del 5% de los resultados individuales caigan fuera de los límites $\bar{x} \pm 2s$ y solo el 0.3% fuera de $\bar{x} \pm 3s$. Los resultados de las muestras de referencia se grafican junto con el análisis de cada lote de muestras. Estos gráficos proporcionan un método visual rápido para monitorear la precisión y exactitud dentro y entre lotes. Si, por ejemplo, una proporción inaceptable de resultados para un lote dado cae fuera de estos límites, esto indicaría una desviación del control y el lote de muestras debería ser reanalizado. Los gráficos también deberían indicar cualquier desviación sistemática a largo plazo o variación periódica en los análisis, lo que requeriría corrección mediante discusión con el laboratorio.

A medida que más análisis de muestras de referencia estén disponibles, se debe recalcular la media y las desviaciones estándar y reconstruir los gráficos de control. Cualquier cambio importante en el valor aceptable debe ser investigado.

Para algunos elementos utilizados en la exploración mineral, las muestras de referencia no tienen rangos de concentración adecuados (ver Anexos 1 y 2). Por lo tanto, un número de muestras rutinarias que se encontraron con concentraciones elevadas de estos elementos fueron nuevamente sometidas a análisis replicados. No había suficiente material para producir un gran número de análisis, pero se obtuvieron 5 o 6 análisis replicados para cada una de estas muestras. Estos análisis se presentan en el Anexo 1 y proporcionan una medida de precisión para varios elementos que tienen concentraciones por debajo del límite de detección en las tres principales muestras de referencia.

En el segundo año del proyecto se prepararon varias muestras de referencia nuevas (PE-1, CN-1 y M-2) para monitorear la precisión. Estas muestras tienen concentraciones moderadamente altas a altas de los elementos de mayor interés para la exploración mineral y estudios de contaminación (Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Cd, Hg, Bi, W, Mo, As, Sb y Hg). Los análisis de estas muestras de referencia se reportarán en su debido momento cuando se disponga de más resultados.

Bondar Clegg también reporta sobre análisis de sus propias muestras de referencia de laboratorio que se analizan rutinariamente con cada lote de muestras. Estos datos se presentan en el Anexo 1.

3.2 Uso de análisis duplicados para monitorear la precisión

La calidad de los análisis químicos puede ser evaluada mediante análisis duplicados. Al final del programa analítico del primer año del proyecto, se volvieron a enviar 91 muestras para su reanálisis (aproximadamente el 8% del número total). Estas muestras fueron seleccionadas en parte al azar y también elegidas para incluir muestras con valores anómalos de la primera ronda de análisis.

La calidad del análisis puede ser evaluada rápidamente y de manera cualitativa trazando los valores analíticos originales frente a los valores duplicados en un gráfico de dispersión. Idealmente, los dos grupos de análisis deben trazarse como una línea recta con una pendiente de 45°, con una dispersión limitada alrededor de esta tendencia. Una buena precisión analítica resulta en una dispersión cercana de los puntos alrededor de la tendencia. El sesgo en los análisis, debido a errores sistemáticos o diferencias en los dos métodos de análisis, produce tendencias que se desvían de la línea de 45°. Los gráficos de dispersión de los análisis originales y los análisis duplicados se presentan en el Anexo 3. Para todos los elementos, estos producen tendencias de aproximadamente 45°, lo que indica que no hay sesgo sistemático entre los lotes analíticos. Para algunos elementos, hay una gran dispersión de puntos alrededor de la tendencia en concentraciones más bajas, lo que refleja generalmente una precisión más pobre en concentraciones más bajas.

Como se mencionó anteriormente, solamente una desviación estándar (por ejemplo, de una muestra de referencia) no puede describir la precisión sobre un rango de concentraciones, porque la precisión varía con la concentración. Por lo tanto, una ecuación o gráfico que relacione la desviación estándar con la concentración es más apropiado. Thompson y Howarth (1976, 1978) describen dos métodos para evaluar la precisión sobre un rango de concentraciones mediante análisis duplicados. Ambos métodos han sido empleados por el PICG y se describen a continuación.

3.2.1 Método 1 de Thompson y Howarth

En el primer método, cuando se dispone de más de 50 análisis duplicados, la variación de la desviación estándar de la determinación (s_c) puede relacionarse con la concentración (c) mediante la recta:

$$s_c = s_0 + k * c \qquad (2)$$

donde s_0 es la desviación estándar en concentración cero y k es la pendiente de la línea recta.

Las ecuaciones 1 y 2 se pueden combinar para obtener:

$$p * c = 2s_0 + 2k * c$$

o

$$p = \frac{2s_0}{c} + 2k \qquad (3)$$

Así, en concentraciones muy por encima del límite de detección, la precisión puede estimarse a partir de $2k$, ya que $\frac{2s_0}{c}$ será muy pequeño.

Si hay suficientes análisis en concentraciones bajas, también se puede estimar el límite de detección práctico c_d (cuando p = 1.0) a partir de la expresión:

$$c_d = \frac{2s_0}{(1 - 2k)} \qquad (4)$$

De este modo se pueden estimar las características de precisión de un sistema analítico.

El procedimiento para estimar la precisión a partir de análisis duplicados se describe en detalle por Thompson y Howarth (1978). Para 50 o más análisis duplicados, el procedimiento es el siguiente:

De los pares correspondientes de análisis (x_i, y_i), se calcula la media $\frac{x_i+y_i}{2}$ y la diferencia absoluta $|x_i - y_i|$

Los resultados se ordenan en orden creciente de las medias, manteniendo la correspondencia entre las medias y las diferencias.

A partir de los primeros 11 pares, se calcula la media de las medias y se selecciona la mediana de las diferencias.

Este procedimiento se repite para cada grupo de 11 resultados, ignorando cualquier resto menor que 11.

Se realiza una regresión lineal de las medianas sobre las medias para obtener la intersección y la pendiente, que son estimaciones de s_0 y k según se definió anteriormente.

Ejemplos de gráficos basados en este método para 91 análisis duplicados se presentan en el Anexo 4. La regresión de las medianas sobre las medias se utilizó para obtener estimaciones de s_0 y k que se resumen en el Anexo 4.

3.2.2 Método 2 de Thompson y Howarth

Thompson y Howarth (1978) también presentan un método gráfico para estimar la precisión a partir de análisis duplicados, cuando hay 50 o menos duplicados. Sin embargo, el método se puede utilizar para verificar la precisión de cualquier número de análisis duplicados.

Se construye un gráfico de control de precisión basado en la ecuación 2 para un nivel específico de precisión. Se trazan líneas de los percentiles 90 y 99 para definir campos en los cuales el 90% y el 99% de los análisis duplicados, respectivamente, deben graficarse si se logra el nivel especificado de precisión.

En este método, la precisión requerida se especifica en la forma:

$$s_c = s_0 + k * c$$

Por ejemplo, para una precisión requerida del 10% (p = 0.1), k de la ecuación 3 será 0.05 en concentraciones altas. La especificación para una precisión del 10% sería entonces:

$$s_c = s_0 + 0.05 * c$$

Para un límite de detección dado (c_d), s_0 se puede calcular a partir de la ecuación 4. Por ejemplo, si se especifica un límite de detección de 5 unidades, entonces sustituyendo en la ecuación 4:

$$s_0 = \frac{5(1 - 0.1)}{2} = 2.25$$

Las líneas de percentil d_{90} y d_{99} se obtienen de las siguientes ecuaciones:

$$s_c = \frac{d_{90}}{2.326}$$

$$s_c = \frac{d_{99}}{3.643}$$

o

$$d_{90} = 2.326\ (s_0 + k * c) \qquad (5)$$

$$d_{99} = 3.643\ (s_0 + k * c) \qquad (6)$$

Las líneas de percentil se pueden trazar sobre un rango adecuado de concentraciones (c) para formar el gráfico de control.

A partir de los pares correspondientes de análisis (x_i, y_i), se calcula la media $\frac{x_i+y_i}{2}$ y la diferencia absoluta $|x_i - y_i|$, y se representan en el gráfico de control. Si el rango de concentración es mayor que un ciclo logarítmico, es mejor trazar el gráfico de control en escalas logarítmicas-logarítmicas; de lo contrario, se pueden usar escalas aritméticas.

Thompson y Howarth (1978) no definen los factores en las ecuaciones 5 y 6. Se asume que son factores que relacionan la desviación estándar (s_c) con las diferencias entre los análisis duplicados en los niveles de percentil especificados. Thompson y Howarth describen las líneas resultantes d_{90} y d_{99} respectivamente como los percentiles 90 y 99 de la diferencia absoluta entre duplicados como función de la concentración, asumiendo una distribución normal del error. Si los datos analíticos duplicados cumplen con la precisión y el nivel de detección especificados, entonces en promedio el 90% de los puntos caerán por debajo de la línea d_{90} y el 99% por debajo de la línea d_{99}. Si la precisión es mejor, una mayor proporción de los puntos tenderá a caer por debajo de las líneas. Si es peor, ocurrirá lo contrario.

Un ejemplo de este tipo de gráfico de control se presenta en la Figura 2.

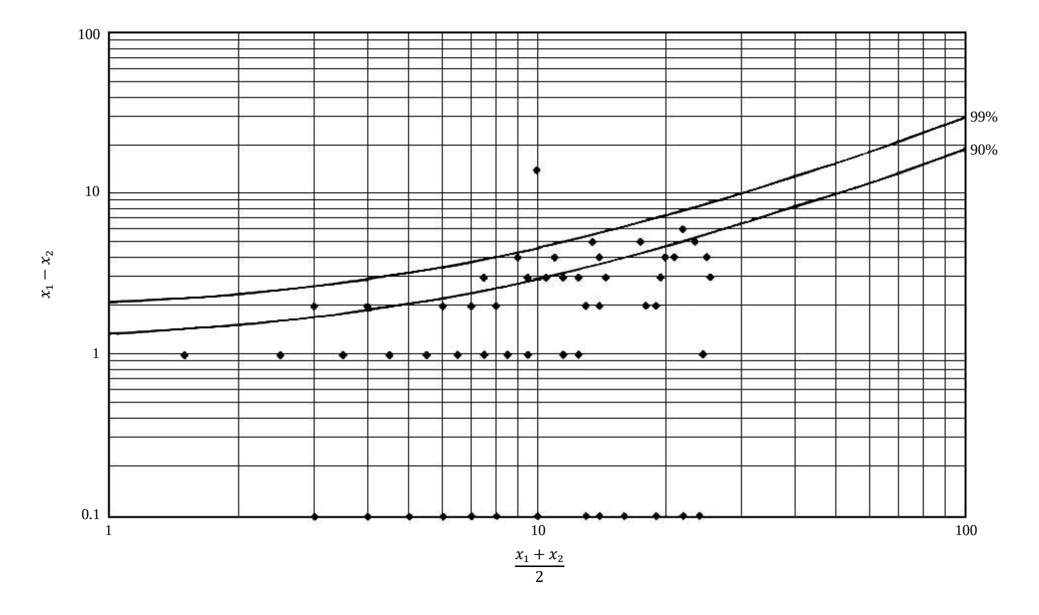


Figura 2. Gráfico de control de análisis duplicados de litio (ver Anexo 4)

Los análisis duplicados del PICG se trazan en los gráficos de control presentados en el Anexo 4. Estos indican que cada elemento tiene una precisión diferente, cuyo nivel se obtuvo empíricamente. Para cada elemento se trazaron los percentiles 90 y 99 para varios niveles de precisión, con el fin de determinar empíricamente el nivel que describe mejor los datos. La selección de los límites de detección utilizados en las ecuaciones para las líneas de percentil se describe en la Sección 3.3.

Los análisis duplicados indican que sería irreal esperar una precisión del 10%, que a menudo se toma arbitrariamente como un nivel aceptable para la exploración geoquímica. Para algunos elementos, la precisión es mejor que el 10%, pero en general parece estar en el rango del 10 al 20%, y para algunos elementos a concentraciones más bajas parece ser considerablemente peor. Por lo tanto, un enfoque más pragmático sería aceptar los niveles de precisión derivados empíricamente de los análisis duplicados del primer año del proyecto, y esperar que los análisis futuros al menos mantengan estos niveles.

3.2.3 Precisión alcanzada para cada elemento

En los siguientes párrafos se da un breve resumen de la precisión alcanzada para cada elemento:

El *antimonio* determinado mediante generación de hidruros - AAS proporciona una buena precisión. Para una precisión del 10%, solo un análisis duplicado se ubica por encima de la línea del percentil 99, y menos del 5% de los análisis están por encima de la línea del percentil 90. Por lo tanto, la precisión parece ser ligeramente mejor que el 10%.

El *arsénico* determinado mediante generación de hidruros - AAS ofrece una precisión muy buena. Todos los análisis duplicados, excepto uno, se ubican por debajo de las líneas del percentil 99 para una precisión del 5%.

Los análisis de *bario* parecen tener una precisión de aproximadamente el 20%. Aunque tres de los 91 análisis se sitúan por encima de la línea del percentil 99 con una precisión del 20%, solo seis puntos (aproximadamente el 6% de los análisis) se sitúan por encima de la línea del percentil 90.

El *cadmio* tiene una precisión de casi el 15%. Aproximadamente el 90% de los análisis están por debajo de la línea del percentil 90 para una precisión del 15%.

El *cromo* tiene una precisión probablemente mejor que el 10%. Solo tres análisis duplicados (aproximadamente el 3% de los análisis) se sitúan por encima de la línea del percentil 90 definida para una precisión del 10%.

El *cobalto* tiene una precisión de aproximadamente el 15% o ligeramente mejor. Más del 90% de los análisis duplicados se sitúan por debajo de la línea del percentil 90 definida para una precisión del 15%.

El *cobre* muestra un patrón clásico de precisión variable con la concentración. En general, los análisis muestran una precisión de aproximadamente el 20%. Para concentraciones de hasta aproximadamente 100 ppm, la precisión es relativamente pobre. Sin embargo, a concentraciones superiores a aproximadamente 100 ppm, los análisis duplicados se sitúan muy por debajo de las líneas del percentil 99 y 90, lo que indica una precisión mucho mejor que el 20%. En estas concentraciones más altas, la precisión está entre el 10% y el 15%. Por lo tanto, se puede concluir que, aunque sería deseable alcanzar una mejor precisión general, a niveles anómalos (>100 ppm) los análisis tienen buena precisión.

Los análisis de *hierro* tienen una precisión de aproximadamente el 15% o ligeramente mejor. Para este nivel de precisión, más del 90% de los análisis duplicados se sitúan por debajo de la línea del percentil 90.

El *plomo* tiene una precisión muy pobre. En general, los 91 análisis duplicados tienen una precisión de aproximadamente el 40%, aunque, al igual que con el cobre, a concentraciones más altas la precisión mejora. Por encima de aproximadamente 40 ppm, la precisión para el plomo parece ser del 20% o mejor. Esto implica que, a niveles anómalos, la calidad de los análisis es bastante confiable.

El *litio* muestra una precisión analítica de aproximadamente el 15%, con aproximadamente el 90% de los análisis duplicados por debajo de la línea del percentil 90. El gráfico de control de litio en el Anexo 4 puede parecer tener menos de 91 puntos, pero esto se debe a que muchos puntos se ubican exactamente en la misma posición.

El *manganeso* muestra una precisión analítica entre el 10% y el 15%. Para propósitos prácticos, los futuros análisis deberían mantener una precisión de al menos el 15% o mejor.

El *mercurio* muestra una variación inusual en la precisión, con mejor precisión en bajas concentraciones que en altas concentraciones. Por encima de aproximadamente 2 ppm, hay varios puntos que indican una precisión muy pobre. A concentraciones por debajo de unas pocas ppm, la precisión analítica es significativamente mejor. Se presentan dos gráficos de control diferentes para el mercurio en el Anexo 4 para varios niveles de precisión y límites de detección. Si se acepta un límite de detección de 0.04 ppm, entonces por debajo de aproximadamente 2 ppm los análisis tienen una precisión de aproximadamente el 15% o ligeramente mejor.

El *molibdeno* también muestra una precisión variable con la concentración. El gráfico de control en el Anexo 4 parece tener pocos puntos, pero esto se debe a que muchos de los análisis en niveles bajos y por debajo del nivel de detección del laboratorio (según lo citado por Bondar Clegg) se ubican en las mismas posiciones. La precisión es aproximadamente del 25% en general, con algo más del 10% de los análisis duplicados ubicados por encima de la línea del percentil 90, la mayoría de los cuales tienen concentraciones por debajo de 10 ppm.

Los análisis de *níquel* tienen una precisión de aproximadamente el 10%. Un poco más del 10% de los análisis (10 de 91) se ubican por encima de la línea del percentil 90 para una precisión del 10%.

Los análisis de *plata* muestran una precisión pobre de aproximadamente el 25%.

El *estroncio* muestra una precisión de aproximadamente el 25%, con algo más del 90% de los análisis duplicados ubicados por debajo de la línea del percentil 90.

El *vanadio* muestra una precisión entre el 20% y el 25%.

El *zinc* muestra una precisión del 20%.

3.3 Estimación de los límites de detección prácticos

Los límites de detección citados por los laboratorios a menudo se obtienen mediante análisis replicados en condiciones ideales utilizando soluciones estándar compuestas de productos químicos puros, y en general son considerablemente más optimistas que los que se alcanzan en la práctica para soluciones que contienen muestras reales. Por lo tanto, es importante estimar los límites de detección prácticos para el sistema se está usando.

Un método realista para obtener límites de detección prácticos es analizar en replicado una serie de muestras de referencia en un rango de concentraciones y obtener la concentración media y la desviación estándar para cada muestra. La desviación estándar se representa gráficamente contra la concentración media y mediante extrapolación o regresión se obtiene la desviación estándar en concentración cero (s_0). Según la convención, el límite de detección se calcula entonces como $3s_0$ (IUPAC, 1978). Alternativamente, s_0 se puede estimar a partir de análisis duplicados utilizando el método de Thompson y Howarth (1978), que se describe en la sección anterior de este informe (Método 1).

Se aplicaron ambos métodos para calcular los límites de detección. El método de Thompson y Howarth utilizando análisis duplicados parece ser poco confiable. Para varios elementos se obtuvieron límites de detección irrealísticamente altos (por ejemplo, Cu 11 ppm, Zn 15 ppm y Pb 12 ppm) y para otros (Mn, Sr y Hg) límites de detección negativos. Los gráficos que utilizan este método para estimar s_0 se presentan en el Anexo 4.

El método de regresión de la desviación estándar vs la concentración media para una serie de muestras de referencia es conceptualmente más confiable y generalmente proporciona resultados más realistas. En la aplicación de este método para la mayoría de los elementos, solo se utilizaron los análisis duplicados de muestras de referencia PICG. Sin embargo, la concentración de algunos elementos en estas muestras está por debajo del límite de detección, en cuyo caso también se utilizaron datos de muestras de referencia de Bondar Clegg. Los gráficos creados utilizando este método se presentan en el Anexo 5.

Los límites de detección estimados por ambos métodos, junto con los citados por Bondar Clegg, se resumen en la Tabla 2. También se presentan los límites de detección prácticos recomendados para su uso por el PICG.

Tabla 2: Límites de detección estimados (ppm)

Elemento	Bondar Clegg	Método 1	Método 2	Valor preferido
Ag	0.2	0.9	1.0	1.0
As	1	4.5	6.1	4.0
Ba	1	2.4	5.4	5.4
Bi	5	-	6.0	6.0
Cd	0.2	1.4	0.7	0.7
Cr	1	4.7	3.7	3.7
Co	1	1.9	2.6	2.6
Cu	1	11.0	4.5	4.5
Fe	0.01%	0.6%	0.3%	0.3%
Hg	0.01	-0.04	0.04	0.04
Li	1	1.0	1.2	1.2
Mn	1	-63.0	34.0	34.0
Mo	1	5.0	1.35	1.35
Ni	1	2.4	3.3	3.3
Pb	2	12.0	4.0	4.0
Sb	0.2	0.74	1.9	1.9
Zn	1	15.0	5.0	5.0

El Método 1 se basa en una estimación de la desviación estándar en concentración cero aplicando el método de análisis duplicado de Thompson y Howarth (1978). En el Método 2, la desviación estándar en concentración cero se basa en la regresión de la media en la desviación estándar de análisis duplicados de una serie de muestras de referencia.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Para las futuras fases del estudio geoquímico, se recomienda controlar la calidad de los análisis utilizando los siguientes métodos:

i. Análisis regulares de muestras de referencia de sedimentos fluviales y la representación de los análisis en gráficos de control como los mostrados en el Anexo 2.

Los tres estándares utilizados en el primer año del proyecto (J-1, M-1 y COR-1) no tienen concentraciones adecuadas para algunos de los elementos de interés para la exploración mineral. Recientemente se han recogido tres muestras de referencia (PE-1, M-2 y CN-1) y los análisis iniciales indican que son ideales para monitorear casi todos los elementos de interés, incluyendo Hg, Bi, W, As, Sb, Au, Ag. En el futuro, se debería dar mayor énfasis al uso de estas tres muestras junto con J-1.

ii. La precisión entre lotes debería ser monitoreada mediante análisis duplicados.

Como un control rápido y aproximado, la calidad analítica puede evaluarse representando conjuntos de análisis duplicados en gráficos de dispersión, como se muestra en el Anexo 3.

Para la evaluación cuantitativa de la precisión, los análisis duplicados deberían ser representados en gráficos de control tipo Thompson y Howarth, como se muestra en el Anexo 4. Los análisis duplicados del primer año del proyecto indican que sería irrealista esperar una precisión del 10%, que a menudo se toma arbitrariamente como un nivel aceptable para la exploración geoquímica. Para algunos elementos, la precisión es mejor del 10%, pero en general parece estar en el rango del 10 al 20%, y para algunos elementos parece ser peor.

Se recomienda que los niveles de precisión derivados empíricamente de los análisis duplicados del primer año del proyecto utilizando el método de Thompson y Howarth se mantengan al menos durante los futuros programas analíticos. Las precisiones alcanzadas para cada elemento se resumen en la Tabla 3 a continuación.

Tabla 3. Niveles de precisión aceptables

Elemento	Nivel de precisión
Ag	25%
Co	15%
Mn	15%
Sr	25%
As	5%
Cu	20%
Mo	25%
V	20%
Ba	20%
Fe	15%
Ni	10%
Zn	20%
Cd	15%
Hg	15%
Pb	40%
Cr	10%
Li	15%
Sb	10%

5. BIBLIOGRAFÍA

DARNLEY A. G., BJÖRKLUND A., BØLVIKEN B., GUSTAVSSON N., KOVAL P. V., PLANT J. A., STEENFELT A., TAUCHID M., XIE XUEJING, GARRETT R. G. and HALL G. E. M. (1995) A global geochemical database for environmental and resource management: Recommendations for international Geochemical Mapping. Final Report of IGCP Project 259. UNESCO, Paris, 122 p.

DUNKLEY P. N., GAIBOR A. and BOLAÑOS J. E. (1997) Geochemical Orientation Survey, Río Junín. Report Number 5. Subcomponent 3.4 Geological Mapping Information Project, 32p.

IUPAC (1978) Nomenclature, symbols units and their usage in spectrochemical analysis. Spectrochim. Acta. B33, 242-246.

THOMPSON M. (1983) Control procedures in geochemical analysis. In: Statistics and data analysis in geochemical prospecting – Handbook of Exploration Geochemistry Vol. 2 (Ed. Howarth R. J.), Elsevier. 39-58.

THOMPSON M. (1988) Variation of precision with concentration in an analytical system. Analyst, 133, 1579-1587.

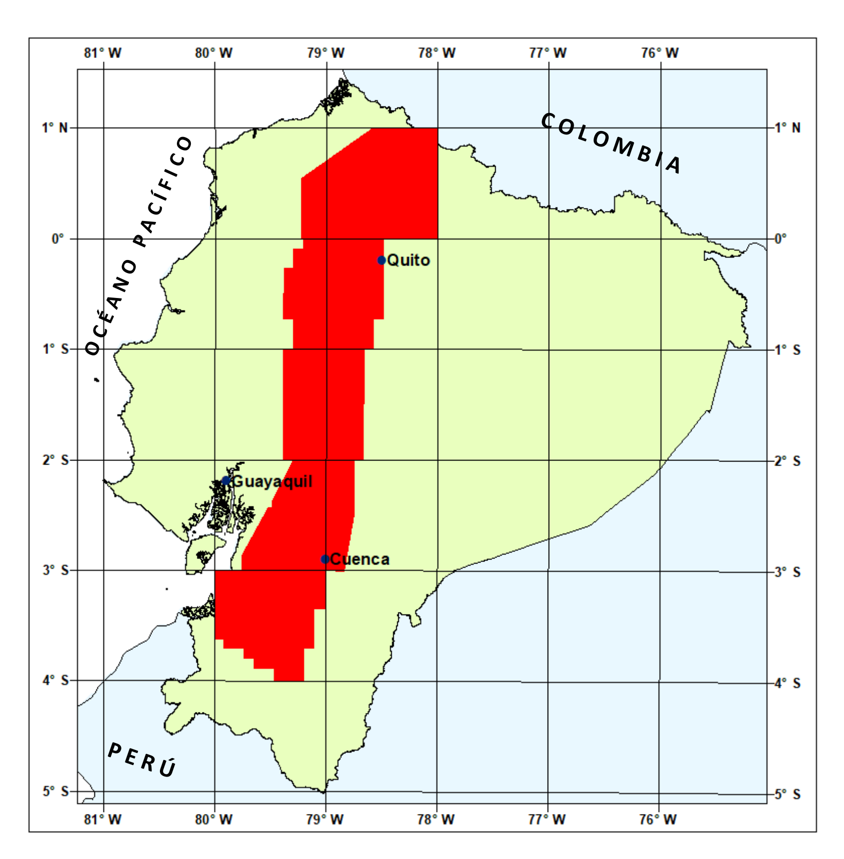
THOMPSON M. and HOWARTH R. J. (1976) Duplicate analyses in geochemical practice (2 parts). Analyst, 101, 690-709.

THOMPSON M. and HOWARTH R. J. (1978) A new approach to the estimation of analytical precision. J. Geochemical Exploration, 9, 23-30.

ANEXO 1 DEL INFORME:

CONTROL DE CALIDAD DE DATOS GEOQUÍMICOS

RESULTADOS ANALÍTICOS



PROGRAMA DE INFORMACIÓN Y CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA

QUITO, 1997

Resultados analíticos de muestras de referencia de sedimentos fluviales

Tabla 1. Muestra de referencia J-1. Datos originales del laboratorio

Au	Ag	Cu	Pb	Zn	Mo	Ni	Co	Cd	Bi	Ba	Cr
-5	0.3	200	7	69	2	9	9	-0.2	-5	67	39
-5	0.5	207	8	74	2	9	9	-0.2	-5	69	41
46	0.3	178	8	74	3	9	10	-0.2	-5	68	40
9	0.6	188	7	70	1	9	9	0.2	-5	71	37
13	0.5	189	7	71	2	9	10	-0.2	-5	68	48
27	0.4	179	7	71	1	9	9	-0.2	-5	68	40
12	0.5	194	7	73	2	8	9	-0.2	-5	71	40
-5	0.5	163	7	77	1	9	9	0.3	-5	63	43
16	0.9	192	7	74	1	9	9	-0.2	-5	62	43
5	0.4	174	7	70	2	9	9	0.2	-5	61	39
35	-0.2	174	4	67	2	8	9	-0.2	-5	62	35
7	-0.2	162	3	67	2	8	9	-0.2	-5	63	39
-5	-0.2	162	2	59	1	10	9	-0.2	-5	62	36
-5	-0.2	175	4	62	-1	10	10	-0.2	-5	64	39
-5	-0.2	161	1	57	1	10	9	-0.2	-5	56	36
-5	0.4	174	2	60	-1	10	9	0.4	-5	60	38
-5	-0.2	182	7	72	2	6	6	-0.2	-5	67	36
6	-0.2	191	7	68	2	6	7	-0.2	-5	63	39
-5	-0.2	191	7	68	3	7	5	-0.2	-5	69	38
-5	-0.2	195	6	71	3	6	6	0.4	-5	67	42
-5	-0.2	166	3	56	1	8	8	-0.2	-5	62	28
-5	-0.2	166	3	61	-1	9	9	-0.2	-5	58	37
-5	-0.2	210	8	73	2	10	11	-0.2	-5	74	45
-5	4.7	187	9	72	2	11	11	-0.2	-5	73	40
6	-0.2	179	-2	66	1	10	10	-0.2	-5	62	41
6	0.3	181	4	68	1	9	9	-0.2	-5	68	39
-5	0.3	168	-2	62	-1	8	9	-0.2	-5	61	36
-5	0.4	192	-2	64	-1	9	9	-0.2	-5	61	41
V	**As**	**Sb**	**Hg**	**Fe**	**Mn**	**Mg**	**Ca**	**Na**	**K**	**Sr**	**Li**
149	21.6	3.4	0.096	4.55	381	0.50	0.28	0.03	0.09	20	6
158	16.6	5.2	0.029	4.79	393	0.51	0.29	0.03	0.09	21	6
158	20.3	1.7	0.181	4.78	381	0.49	0.28	0.03	0.09	20	6
145	15.4	1.9	0.051	4.39	392	0.51	0.29	0.03	0.09	21	7
169	14.1	1.4	0.048	5.04	387	0.49	0.30	0.03	0.09	21	6
156	14.3	1.9	0.056	4.72	381	0.50	0.29	0.03	0.09	20	6
160	17.3	2.3	0.065	4.82	384	0.50	0.29	0.03	0.09	21	6
168	12.4	2.9	0.049	5.08	389	0.49	0.30	0.02	0.08	19	6
167	22	1.8	0.084	5.12	397	0.50	0.30	0.03	0.08	19	6
153	15.7	2.5	0.082	4.64	381	0.47	0.28	0.02	0.08	18	6
139	11.1	1.4	0.055	4.08	368	0.47	0.29	0.02	0.08	20	5
153	13.2	2.2	0.112	4.36	361	0.44	0.28	0.02	0.08	20	5
145	12.2	1.6	0.093	4.61	368	0.48	0.29	0.02	0.08	19	5
158	14	2	0.071	5.03	388	0.51	0.30	0.02	0.08	20	6
146	14.1	2	0.103	4.29	368	0.44	0.27	0.02	0.08	18	5
153	16.4	4.2	0.074	4.85	387	0.45	0.29	0.02	0.08	20	5
154	11	1.9	0.047	4.59	371	0.53	0.33	0.02	0.08	23	7
166	18	2.8	0.051	4.92	376	0.52	0.33	0.02	0.08	23	7
159	12.7	2.6	0.158	4.84	436	0.52	0.33	0.03	0.10	22	6
169	11.2	2.5	0.102	5.14	437	0.51	0.32	0.03	0.09	21	6
118	19.3	4.2	0.085	3.47	356	0.44	0.25	0.02	0.08	19	5
152	16.4	1.8	0.062	4.43	375	0.46	0.30	0.02	0.08	20	5
190	12.6	3.4	0.088	5.14	417	0.50	0.32	0.03	0.10	23	7
169	13.5	2.9	0.094	4.59	408	0.49	0.31	0.03	0.10	23	7
160	14.5	2.4	0.054	4.88	425	0.51	0.33	0.03	0.09	22	5
162	16.2	1.5	0.049	4.73	432	0.51	0.34	0.03	0.09	23	6
150	11	3.1	0.218	4.42	396	0.49	0.30	0.02	0.08	21	6
164	10.7	6.6	0.194	4.78	416	0.49	0.32	0.03	0.08	21	6

Tabla 2. Muestra de referencia M-1. Datos originales del laboratorio

Au	Ag	Cu	Pb	Zn	Mo	Ni	Co	Cd	Bi	Ba	Cr
-5	0.5	87	8	67	1	14	12	-0.2	-5	60	60
6	0.2	89	13	64	1	14	12	-0.2	-5	61	57
7	0.5	81	16	61	1	12	11	-0.2	-5	53	50
-5	0.4	88	11	63	2	13	12	-0.2	-5	60	54
-5	0.5	85	7	66	-1	13	11	-0.2	-5	57	56
9	0.4	82	8	66	-1	13	12	-0.2	-5	64	56
6	0.6	76	10	66	-1	13	11	-0.2	-5	53	53
10	0.8	83	10	66	-1	13	11	-0.2	-5	53	57
52	0.6	79	7	65	-1	12	11	-0.2	-5	52	52
9	0.5	82	11	64	-1	13	11	-0.2	-5	51	55
-5	-0.2	80	4	61	2	13	11	-0.2	-5	51	52
-5	-0.2	77	11	63	2	13	11	-0.2	-5	54	50
-5	0.4	76	2	58	-1	15	12	-0.2	-5	55	58
-5	0.3	76	5	57	6	16	12	-0.2	6	53	81
-5	0.2	85	-2	58	-1	14	12	-0.2	9	50	63
-5	-0.2	91	3	51	2	13	11	-0.2	7	48	53
-5	-0.2	89	7	66	4	10	7	-0.2	7	60	56
27	-0.2	88	9	66	4	11	7	-0.2	10	57	56
-5	-0.2	86	9	70	4	8	7	0.4	-5	63	58
7	0.2	83	9	63	3	10	6	0.5	6	57	56
-5	0.2	69	2	53	3	18	11	-0.2	6	46	61
-5	0.3	78	2	51	1	13	10	-0.2	-5	48	50
-5	-0.2	79	7	57	1	13	12	-0.2	-5	62	55
-5	-0.2	89	8	56	1	13	11	-0.2	-5	64	50
-5	0.2	75	-2	57	-1	13	11	-0.2	-5	51	56
-5	-0.2	78	-2	57	-1	12	11	-0.2	-5	52	55
-5	0.3	85	-2	55	-1	13	11	-0.2	6	55	53
-5	0.4	92	3	57	-1	13	11	-0.2	-5	49	58

V	As	Sb	Hg	Fe	Mn	Mg	Ca	Na	K	Sr	Li
253	11.5	1	0.04	6.99	362	0.41	0.35	0.05	0.08	30	6
245	8.2	0.7	0.047	6.81	360	0.41	0.34	0.05	0.07	30	6
218	12.4	2.4	0.043	6.13	333	0.37	0.32	0.04	0.07	27	6
229	7.8	1.1	0.019	6.34	349	0.4	0.34	0.05	0.07	30	6
234	8.5	0.9	0.027	6.52	355	0.41	0.34	0.05	0.08	30	6
244	8.9	1	0.039	6.77	362	0.4	0.34	0.05	0.07	30	6
223	10.5	0.9	0.043	6.34	352	0.41	0.35	0.04	0.07	28	6
237	9.4	0.7	0.038	6.73	357	0.4	0.35	0.04	0.07	27	6
220	8.1	1.2	0.036	6.2	339	0.37	0.33	0.04	0.07	27	5
240	9	1.8	0.038	6.64	345	0.36	0.32	0.04	0.06	26	5
218	7.8	1.2	0.037	6.44	341	0.38	0.34	0.04	0.07	26	5
216	7.5	0.6	0.074	5.81	336	0.36	0.32	0.03	0.07	25	5
263	7.9	2.6	0.038	7.88	358	0.4	0.34	0.04	0.06	29	5
285	9.4	0.7	0.054	8.47	362	0.4	0.34	0.04	0.06	29	5
272	9	1.3	0.035	7.38	385	0.39	0.35	0.04	0.07	29	5
230	9.3	1.9	0.054	6.26	349	0.37	0.33	0.04	0.07	28	5
257	14.7	1.5	0.03	6.94	344	0.44	0.4	0.05	0.06	36	7
258	12.1	1.4	0.053	6.86	351	0.43	0.41	0.05	0.07	37	7
265	6.4	0.9	0.03	7.32	422	0.47	0.42	0.06	0.09	36	7
232	8.6	2.4	0.078	6.5	374	0.42	0.36	0.05	0.08	30	6
235	10.6	1.2	0.015	6.37	336	0.35	0.31	0.04	0.06	26	5
203	9.7	-0.2	0.03	5.57	315	0.35	0.31	0.04	0.06	26	5
253	7.7	1.2	0.025	6.45	359	0.4	0.35	0.05	0.08	31	7
223	8.3	0.5	0.055	5.54	344	0.4	0.33	0.05	0.08	31	7
230	9.1	1	0.026	6.44	372	0.4	0.38	0.05	0.07	33	5
234	6.9	0.9	0.02	6.62	381	0.4	0.38	0.05	0.07	34	5
236	8.2	1.4	0.016	6.45	359	0.38	0.35	0.04	0.07	31	5
256	6.7	1.5	0.034	6.88	361	0.37	0.36	0.05	0.07	32	5

Tabla 3. Muestra de referencia COR-1. Datos originales del laboratorio

Au	**Ag**	**Cu**	**Pb**	**Zn**	**Mo**	**Ni**	**Co**	**Cd**	**Bi**	**Ba**	**Cr**
16	0.4	22	13	58	-1	15	12	-0.2	-5	51	61
-5	0.4	29	10	59	-1	16	12	-0.2	-5	50	61
-5	0.3	21	33	62	-1	16	12	-0.2	-5	50	67
-5	0.2	22	8	66	-1	17	13	-0.2	-5	56	71
-5	8.1	20	6	56	-1	15	12	-0.2	-5	52	60
9	0.3	21	11	63	-1	16	13	-0.2	-5	53	66
13	0.4	21	10	60	-1	14	12	-0.2	-5	49	64
9	0.3	22	8	58	-1	15	12	-0.2	-5	52	61
7	0.6	19	8	61	-1	15	12	-0.2	-5	52	63
-5	0.5	19	8	60	-1	15	11	-0.2	-5	49	62
-5	-0.2	19	8	56	-1	15	12	-0.2	-5	47	60
-5	-0.2	19	4	61	2	16	12	-0.2	-5	46	66
-5	0.5	20	4	50	-1	18	12	-0.2	-5	47	60
-5	0.4	20	17	54	-1	17	12	-0.2	-5	47	62
-5	0.3	20	-2	47	-1	15	12	-0.2	-5	41	61
-5	0.3	22	2	51	-1	17	12	-0.2	6	46	66
32	-0.2	15	19	60	2	12	8	-0.2	-5	50	62
-5	-0.2	12	6	49	3	10	7	-0.2	6	49	54
13	-0.2	16	9	59	2	11	6	-0.2	-5	54	61
5	-0.2	29	9	57	4	12	7	-0.2	-5	54	60
-5	0.3	24	-2	48	-1	15	11	-0.2	-5	44	56
-5	-0.2	22	5	51	-1	16	11	-0.2	-5	43	57
-5	-0.2	15	12	61	-1	16	15	-0.2	-5	56	69
-5	-0.2	27	13	51	-1	16	13	1	-5	53	61
10	0.3	21	2	53	-1	17	12	-0.2	-5	45	67
-5	0.2	22	-2	55	-1	17	13	-0.2	-5	43	74
-5	0.4	20	-2	48	-1	14	11	-0.2	-5	44	56
-5	0.4	21	-2	52	-1	16	12	-0.2	-5	47	61

V	**As**	**Sb**	**Hg**	**Fe**	**Mn**	**Mg**	**Ca**	**Na**	**K**	**Sr**	**Li**
268	5.5	-0.2	0.03	7.27	329	0.35	0.37	0.06	0.06	35	6
279	5.9	0.3	0.023	7.6	335	0.34	0.37	0.06	0.06	35	6
306	5.4	0.4	0.023	8.11	347	0.34	0.36	0.06	0.06	34	6
317	7	0.3	0.014	8.43	355	0.36	0.38	0.06	0.06	36	6
264	5.5	0.4	0.01	7.7	316	0.33	0.35	0.06	0.06	33	6
297	5.9	0.3	0.09	7.88	336	0.35	0.37	0.06	0.06	38	6
291	5.5	0.4	0.011	7.69	333	0.33	0.36	0.06	0.06	35	6
277	5	1.4	0.018	7.34	330	0.34	0.36	0.06	0.06	35	6
281	6.3	0.4	0.021	7.55	325	0.33	0.35	0.05	0.06	32	5
269	5.1	0.6	0.01	7.21	310	0.31	0.33	0.05	0.05	30	5
265	5.3	-0.2	0.037	7.59	333	0.34	0.38	0.05	0.06	32	5
282	5.4	0.2	0.023	7.23	334	0.32	0.35	0.04	0.06	31	5
277	5.3	0.3	0.032	8.12	329	0.35	0.36	0.05	0.05	33	5
292	4.9	1	0.027	8.52	329	0.36	0.36	0.05	0.06	34	5
272	4.8	0.5	0.018	7.3	324	0.32	0.35	0.05	0.06	32	4
295	5.3	0.6	0.026	7.72	341	0.32	0.37	0.05	0.06	36	5
285	5.5	0.6	0.018	7.6	340	0.4	0.45	0.06	0.06	45	7
253	4.2	0.4	0.01	6.56	279	0.29	0.37	0.05	0.05	36	6
282	4.1	0.4	0.015	7.46	347	0.33	0.4	0.07	0.07	37	6
274	1.2	0.4	0.015	7.26	351	0.35	0.4	0.07	0.06	39	6
262	6.4	0.5	0.028	6.93	313	0.31	0.35	0.05	0.05	33	5
264	6.5	-0.2	0.017	6.88	323	0.33	0.36	0.05	0.06	34	5
328	4.8	0.3	0.015	7.87	343	0.34	0.37	0.06	0.07	37	6
290	4.7	0.3	0.06	6.86	312	0.31	0.32	0.05	0.06	32	6
293	5	0.5	0.016	7.94	364	0.34	0.42	0.06	0.06	40	5
330	5.4	0.4	0.017	8.83	372	0.34	0.41	0.06	0.06	39	5
255	4	0.5	0.05	6.83	329	0.33	0.39	0.06	0.06	39	5
282	4.3	0.5	0.053	7.44	347	0.34	0.4	0.06	0.06	40	5

Tabla 4. Muestra de referencia J-1. Los valores debajo del límite de detección se ajustan a 2/3 el límite de detección antes de calcular la media, desviación estándar y coeficiente de variación.

J-1	Ag	Cu	Pb	Zn	Mo	Ni	Co	Fe	Mn	Ba	Cr	V	Sr	Li	As	Sb	Hg
	0.3	200	7	69	2	9	9	4.55	381	67	39	149	20	6	21.6	3.4	0.096
	0.5	207	8	74	2	9	9	4.79	393	69	41	158	21	6	16.6	5.2	0.029
	0.3	178	8	74	3	9	10	4.78	381	68	40	158	20	6	20.3	1.7	0.181
	0.6	188	7	70	1	9	9	4.39	392	71	37	145	21	7	15.4	1.9	0.051
	0.5	189	7	71	2	9	10	5.04	387	68	48	169	21	6	14.1	1.4	0.048
	0.4	179	7	71	1	9	9	4.72	381	68	40	156	20	6	14.3	1.9	0.056
	0.5	194	7	73	2	8	9	4.82	384	71	40	160	21	6	17.3	2.3	0.065
	0.5	163	7	77	1	9	9	5.08	389	63	43	168	19	6	12.4	2.9	0.049
	0.9	192	7	74	1	9	9	5.12	397	62	43	167	19	6	22	1.8	0.084
	0.4	174	7	70	2	9	9	4.64	371	61	39	153	18	6	15.7	2.5	0.082
	0.133	174	4	67	2	8	9	4.08	368	62	35	139	20	5	11.1	1.4	0.055
	0.133	162	3	67	2	8	9	4.36	361	63	39	153	20	5	13.2	2.2	0.112
	0.133	162	2	59	1	10	9	4.61	368	62	36	145	19	5	12.2	1.6	0.093
	0.133	175	4	62	0.66	10	10	5.03	388	64	39	158	20	6	14	2	0.071
	0.133	161	1	57	1	10	9	4.29	368	56	36	146	18	5	14.1	2	0.103
	0.4	174	2	60	0.66	10	9	4.85	387	60	38	153	20	5	16.4	4.2	0.074
	0.133	182	7	72	2	6	6	4.59	371	67	36	154	23	7	11	1.9	0.047
	0.133	191	7	68	2	6	7	4.92	376	63	39	166	23	7	18	2.8	0.051
	0.133	191	7	68	3	7	5	4.84	436	69	38	159	22	6	12.7	2.6	0.158
	0.133	195	6	71	3	6	6	5.14	437	67	42	169	21	6	11.2	2.5	0.102
	0.133	166	3	56	1	8	8	3.47	356	62	28	118	19	5	19.3	4.2	0.085
	0.133	166	3	61	0.66	9	9	4.43	375	58	37	152	20	5	16.4	1.8	0.062
	0.133	210	8	73	2	10	11	5.14	417	74	45	190	23	7	12.6	3.4	0.088
		187	9	72	2	11	11	4.59	408	73	40	169	23	7	13.5	2.9	0.094
	0.133	179	1.33	66	1	10	10	4.88	425	62	41	160	22	5	14.5	2.4	0.054
	0.3	181	4	68	1	9	9	4.73	432	68	39	162	23	6	16.2	1.5	0.049
	0.3	168	1.33	62	0.66	8	9	4.42	396	61	36	150	21	6	11	3.1	0.218
	0.4	192	1.33	64	0.66	9	9	4.78	416	61	41	164	21	6	10.7	6.6	0.194
Media	0.30	181.43	5.21	67.71	1.55	8.71	8.82	4.68	390.75	65.00	39.11	156.79	20.64	5.89	14.92	2.65	0.09
SD	0.20	13.74	2.55	5.64	0.75	1.27	1.36	0.36	22.79	4.55	3.63	12.72	1.50	0.69	3.20	1.21	0.05
CV	66.36	7.57	48.99	8.32	48.55	14.60	15.44	7.77	5.83	6.99	9.29	8.11	7.25	11.63	21.45	45.56	54.02

Tabla 5. Muestra de referencia M-1. Los valores debajo del límite de detección se ajustan a 2/3 el límite de detección antes de calcular la media, desviación estándar y coeficiente de variación.

M-1	Ag	Cu	Pb	Zn	Ni	Co	Fe	Mn	Ba	Cr	V	Sr	Li	As	Sb	Hg
	0.5	87	8	67	14	12	6.99	362	60	60	253	30	6	11.5	1	0.04
	0.2	89	13	64	14	12	6.81	360	61	57	245	30	6	8.2	0.7	0.047
	0.5	81	16	61	12	11	6.13	333	53	50	218	27	6	12.4	2.4	0.043
	0.4	88	11	63	13	12	6.34	349	60	54	229	30	6	7.8	1.1	0.019
	0.5	85	7	66	13	11	6.52	355	57	56	234	30	6	8.5	0.9	0.027
	0.4	82	8	66	13	12	6.77	362	64	56	244	30	6	8.9	1	0.039
	0.6	76	10	66	13	11	6.34	352	53	53	223	28	6	10.5	0.9	0.043
	0.8	83	10	66	13	11	6.73	357	53	57	237	27	6	9.4	0.7	0.038
	0.6	79	7	65	12	11	6.2	339	52	52	220	27	5	8.1	1.2	0.036
	0.5	82	11	64	13	11	6.64	345	51	55	240	26	5	9	1.8	0.038
	0.133	80	4	61	13	11	6.44	341	51	52	218	26	5	7.8	1.2	0.037
	0.133	77	11	63	13	11	5.81	336	54	50	216	25	5	7.5	0.6	0.074
	0.4	76	2	58	15	12	7.88	358	55	58	263	29	5	7.9	2.6	0.038
	0.3	76	5	57	16	12	8.47	362	53	81	285	29	5	9.4	0.7	0.054
	0.2	85	1.33	58	14	12	7.38	385	50	63	272	29	5	9	1.3	0.035
	0.133	91	3	51	13	11	6.26	349	48	53	230	28	5	9.3	1.9	0.054
	0.133	89	7	66	10	7	6.94	344	60	56	257	36	7	14.7	1.5	0.03
	0.133	88	9	66	11	7	6.86	351	57	56	258	37	7	12.1	1.4	0.053
	0.133	86	9	70	8	7	7.32	422	63	58	265	36	7	6.4	0.9	0.03
	0.133	83	9	63	10	6	6.5	374	57	52	232	30	6	8.6	2.4	0.078
	0.2	69	2	53	18	11	6.37	336	46	61	235	26	5	10.6	1.2	0.015
	0.3	78	2	51	13	10	5.57	315	48	50	203	26	5	9.7	0.133	0.03
	0.133	79	7	57	13	12	6.45	359	62	55	253	31	7	7.7	1.2	0.025
	0.133	89	8	56	13	11	5.54	344	64	50	223	31	7	8.3	0.5	0.055
	0.2	75	1.33	57	13	11	6.44	372	51	56	230	33	5	9.1	1	0.026
	0.133	78	1.33	57	12	11	6.62	381	52	55	234	34	5	6.9	0.9	0.02
	0.3	85	1.33	55	13	11	6.45	359	55	53	236	31	5	8.2	1.4	0.016
	0.4	92	3	57	13	11	6.88	361	49	58	256	32	5	6.7	1.5	0.034
Media	0.31	82.43	6.69	60.86	12.89	10.64	6.63	355.82	54.96	55.96	239.61	29.79	5.68	9.08	1.22	0.038
SD	0.19	5.68	4.05	5.22	1.83	1.70	0.62	19.86	5.17	5.95	19.09	3.21	0.77	1.86	0.58	0.015
REL DEV	60.76	6.89	60.61	8.58	14.21	16.01	9.34	5.58	9.40	10.63	7.97	10.79	13.60	20.44	47.98	40.165

Tabla 6. Muestra de referencia COR-1. Los valores debajo del límite de detección se ajustan a 2/3 el límite de detección antes de calcular la media, desviación estándar y coeficiente de variación.

COR-1	Ag	Cu	Pb	Zn	Ni	Co	Fe	Mn	Ba	Cr	V	Sr	Li	As	Sb	Hg
	0.4	22	13	58	15	12	7.27	329	51	61	268	35	6	5.5	0.133	0.03
	0.4	29	10	59	16	12	7.6	335	50	61	279	35	6	5.9	0.3	0.023
	0.3	21	33	62	16	12	8.11	347	50	67	306	34	6	5.4	0.4	0.023
	0.2	22	8	66	17	13	8.43	355	56	71	317	36	6	7	0.3	0.014
		20	6	56	15	12	7.07	316	52	60	264	33	6	5.5	0.4	0.01
	0.3	21	11	63	16	13	7.88	336	53	66	297	36	6	5.9	0.3	0.09
	0.4	21	10	60	14	12	7.69	333	49	64	291	35	6	5.5	0.4	0.011
	0.3	22	8	58	15	12	7.34	330	52	61	277	35	6	5	1.4	0.018
	0.6	19	8	61	15	12	7.55	325	52	63	281	32	5	6.3	0.4	0.021
	0.5	19	8	60	15	11	7.21	310	49	62	269	30	5	5.1	0.6	0.01
	0.133	19	8	56	15	12	7.59	333	47	60	265	32	5	5.3	0.133	0.037
	0.133	19	4	61	16	12	7.23	334	46	66	282	31	5	5.4	0.2	0.023
	0.5	20	4	50	18	12	8.12	329	47	60	277	33	5	5.3	0.3	0.032
	0.4	20	17	54	17	12	8.52	329	47	62	292	34	5	4.9	1	0.027
	0.3	20	1.33	47	15	12	7.3	324	41	61	272	32	4	4.8	0.5	0.018
	0.3	22	2	51	17	12	7.72	341	46	66	295	36	5	5.3	0.6	0.026
	0.133	15	19	60	12	8	7.6	340	50	62	285	45	7	5.5	0.6	0.018
	0.133	12	6	49	10	7	6.56	279	49	54	253	36	6	4.2	0.4	0.01
	0.133	16	9	59	11	6	7.46	347	54	61	282	37	6	4.1	0.4	0.015
	0.133	29	9	57	12	7	7.26	351	54	60	274	39	6	1.2	0.4	0.015
	0.3	24	1.33	48	15	11	6.93	313	44	56	262	33	5	6.4	0.5	0.028
	0.133	22	5	51	16	11	6.88	323	43	57	264	34	5	6.5	0.133	0.017
	0.133	15	12	61	16	15	7.87	343	56	69	328	37	6	4.8	0.3	0.015
	0.133	27	13	51	16	13	6.86	312	53	61	290	32	6	4.7	0.3	0.06
	0.3	21	2	53	17	12	7.94	364	45	67	293	40	5	5	0.5	0.016
	0.2	22	1.33	55	17	13	8.83	372	43	74	330	39	5	5.4	0.4	0.017
	0.4	20	1.33	48	14	11	6.83	329	44	56	255	39	5	4	0.5	0.05
	0.4	21	1.33	52	16	12	7.44	347	47	61	282	40	5	4.3	0.5	0.053
Media	0.29	20.71	8.27	55.93	15.14	11.39	7.54	333.07	48.93	62.46	283.21	35.36	5.50	5.15	0.44	0.026
SD	0.14	3.73	6.81	5.21	1.90	2.01	0.54	18.26	4.08	4.53	19.67	3.32	0.64	1.06	0.26	0.018
REL DEV	48.40	18.01	82.35	9.32	12.54	17.61	7.20	5.48	8.34	7.26	6.94	9.40	11.61	20.54	58.79	69.298

Tabla 7. Muestras de referencia de Au de Bondar Clegg

Lote	Estándar de alto oro Au (ppb)	Estándar de bajo oro Au (ppb)
3	705	24
4	747	21
4	735	20
5	680	26
6	737	23
7	728	21
7	729	23
8	726	21
8	719	24
Media	722.89	22.56
SD	19.92	1.94
CV	2.76	8.62

Tabla 8. BGS STD-3 geoquímico (Muestra de referencia de Bondar Clegg)

STD-3	Ag	Cu	Pb	Zn	Mo	Ni	Co	Cd	Bi	Fe	Mn	Ba	Cr	V	As	Sb	Hg
	6.6	788	210	452	520	560	36	2.4	7	4.18	774	182	144	31	293.3		
	6.3	836	211	448	529	506	37	2.5	9	4.39	805	202	142	32	326.4	43.1	3.652
	7.6	903	230	499	550	574	44	3.4	3.33	4.42	818	241	153	33	359.8	40	3.693
	7.4	859	219	476	527	552	42	3.9	3.33	4.22	779	231	145	31	332.4	40.2	3.469
	7.4	853	210	486	503	485	34	3.6	10	4.22	876	230	144	31	331	31	3.669
	7	801	216	447	503	485	36	2.5	9	3.83	774	198	131	30	328.4	40.8	3.827
	6.4	935	207	501	515	489	38	2.1	15	4	825	238	137	32	315.4	46.2	3.222
	7.8	825	204	468	483	465	37	2.7	5	4.14	816	206	148	33	309.6	47.1	3.427
	6.4	870	214	484	518	497	37	2.6	7	4.11	833	213	146	35	292.2	45.1	3.145
	7.5	855	198	454	477	466	36	2.2	6	3.84	798	189	134	32	298.3	52.7	3.407
Media	7.04	852.50	211.90	471.50	512.50	507.90	37.70	2.79	7.47	4.14	809.80	213.00	142.40	32.00	318.68	42.91	3.50
SD	0.57	44.16	8.74	20.72	21.84	39.66	3.02	0.62	3.51	0.20	31.50	20.96	6.65	1.41	21.18	6.03	0.23
CV	3.80	294.41	58.24	138.14	145.59	264.37	20.14	4.13	23.39	1.34	210.02	139.74	44.35	9.43	141.23	40.22	1.52

Tabla 9. BGS STD-4 geoquímico (Muestra de referencia de Bondar Clegg)

STD-4	Ag	Cu	Pb	Zn	Mo	Ni	Co	Fe	Mn	Ba	Cr	V	As	Sb	Hg
	1	264	32	224	3	43	9	2.42	571	58	72	8	32.6	0.3	0.038
	0.8	270	32	227	3	43	9	2.42	577	59	72	9	31.5	0.4	0.026
	1.1	265	33	219	3	39	9	2.28	577	52	72	8	29.1	0.6	0.035
	0.9	281	30	229	2	47	10	2.54	599	56	75	9	31.5	0.5	0.037
	0.6	321	37	248	5	47	10	2.56	590	68	85	9	32.9	0.9	0.041
	1	299	35	239	4	39	7	2.42	634	66	80	8	27.1	0.5	0.033
	0.8	268	35	223	4	44	8	2.25	568	51	77	8	33.6	0.5	0.035
	0.4	317	34	258	4	45	10	2.38	612	68	78	8	30	0.5	0.04
	0.8	304	33	259	3	46	9	2.57	648	67	86	9	29.5	0.3	0.028
	0.8	276	30	227	2	40	9	2.29	593	54	75	8	29.6	0.6	0.017
Media	0.82	286.50	33.10	235.30	3.30	43.30	9.00	2.41	596.90	59.90	77.20	8.40	30.74	0.51	0.03
SD	0.20	21.87	2.23	14.81	0.95	3.09	0.94	0.12	27.04	6.79	5.14	0.52	2.02	0.17	0.01
CV	24.93	7.64	6.75	6.29	28.75	7.14	10.48	4.84	4.53	11.34	6.66	6.15	6.58	33.90	22.41

Tabla 10. BGS STD-5 geoquímico (Muestra de referencia de Bondar Clegg)

STD-5	Ag	Cu	Pb	Zn	Ni	Co	Fe	Mn	Ba	Cr	V	As	Sb	Hg
	0.8	89	11	69	35	16	4.19	702	188	45	110	7.8		
	0.7	91	10	65	32	15	3.81	691	167	45	108	8.3	0.7	0.046
	0.133	103	15	82	39	16	4.33	731	210	54	126	7.9	0.7	0.034
	0.7	93	11	75	32	12	4.03	760	202	46	113	6.1	0.4	0.037
	0.6	97	9	78	31	13	4.22	788	208	48	116	7	0.6	0.04
	0.9	93	12	70	35	16	3.81	704	171	48	108	9.5	1	0.044
	0.7	92	11	70	35	16	3.83	703	177	45	111	8.9	0.3	0.037
	0.3	104	15	78	36	17	4.13	769	219	50	127	7.4	0.5	0.049
	0.133	103	11	74	35	16	3.9	733	209	47	119	7.2	0.5	0.047
	0.9	85	10	76	33	17	4.27	762	185	49	120	7.9	0.5	0.044
	0.8	86	7	73	33	16	3.99	747	173	46	113	7	0.5	0.042
	1.4	91	9	74	34	16	4.03	756	186	47	118	7.5	0.5	0.035
Media	0.67	93.92	10.92	73.67	34.17	15.50	4.05	737.17	191.25	47.50	115.75	7.71	0.56	0.04
SD	0.36	6.50	2.31	4.66	2.17	1.51	0.18	31.45	17.70	2.61	6.44	0.91	0.19	0.01
CV	52.96	6.92	21.20	6.32	6.35	9.73	4.55	4.27	9.25	5.50	5.56	11.77	32.98	12.34

Tabla 11. Comparación interlaboratorio de los análisis. Muestras de referencia GIMP

Análisis por Bondar Clegg (BC) y BGS

Elemento	J-1		COR-1		M-1	
	BC	BGS	BC	BGS	BC	BGS
Ag	0.3	<0.2	0.3	<0.2	0.3	<0.2
Cu	181.4	175.0	20.7	23.0	82.4	79.5
Pb	5.2	3.5	8.3	5.0	6.7	7.0
Zn	67.7	61.0	55.9	43.0	60.9	50.5
Mo	1.5	1.6	<1	0.5	<1	1.0
Ni	8.7	10.5	15.1	18.5	12.9	14.0
Co	8.8	10.7	11.4	14.8	10.6	12.9
Fe	4.7	4.9	7.5	8.1	6.6	7.0
Mn	390.8	468.0	333.1	375.0	355.8	413.0
Ba	65.0	74.0	48.9	64.5	55.0	73.0
Cr	39.1	44.5	62.5	82.0	56.0	65.0
V	156.8	150.0	283.2	293.5	239.6	226.5
Sr	20.6	28.5	35.4	61.0	29.8	48.0
Li	5.9	5.9	5.5	6.0	5.7	5.5
As	14.9	12.5	5.2	5.0	9.1	7.0
Sb	2.6	3.3	0.4	0.6	1.2	1.4
Hg	0.088	0.050	0.026	<0.01	0.038	<0.01

Los valores de BGS son el promedio de análisis duplicados. Los valores de Bondar Clegg son el promedio de 30 análisis duplicados

Tabla 12. Comparación interlaboratorio de los análisis. Muestras de referencia BGS

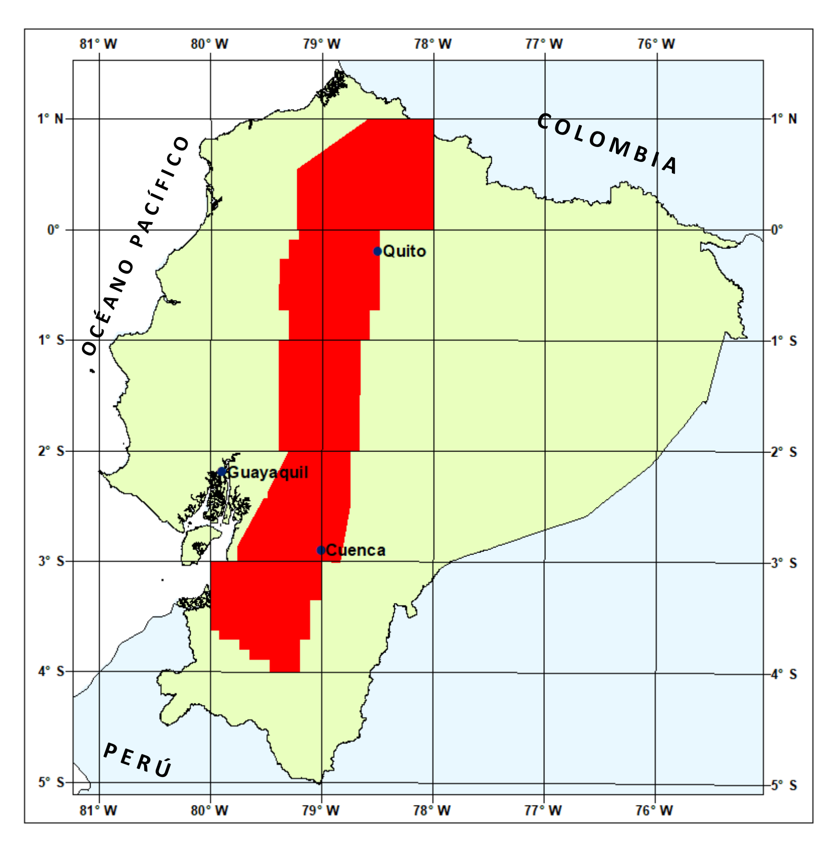
Análisis Bondar Clegg (BC) por digestión aqua regia – ICP/AAS. Análisis BGS por XRF

Elemento	S24		S13		S15		S3B	
	BC	BGS	BC	BGS	BC	BGS	BC	BGS
Ag	1.2	4.0					1.3	
Cu	60.5	60.4	16.5	16.1	4.0	4.9	39.0	48.4
Pb	847.5	1114.8	99.0	112.4	17.0	24.7	1464.5	1770.8
Zn	379.0	385.0	114.0	113.8	29.0	28.5	563.5	786.8
Mo	<1	3.7	<1	1.5	<1	1.9	128.0	148.4
Ni	37.5	43.2	24.0	36.5	9.5	11.5	18.5	30.4
Co	70.5	84.6						
Cd	1.4	3.8						
As	122.2	126.0	16.9	15.8	5.2	8.8	3.8	<2
Sb	9.0	6.0						
Ba	504.0	1060.4						

ANEXO 2 DEL INFORME:

CONTROL DE CALIDAD DE DATOS GEOQUÍMICOS

GRÁFICOS DE CONTROL DE PRECISIÓN Y EXACTITUD DE LOTES

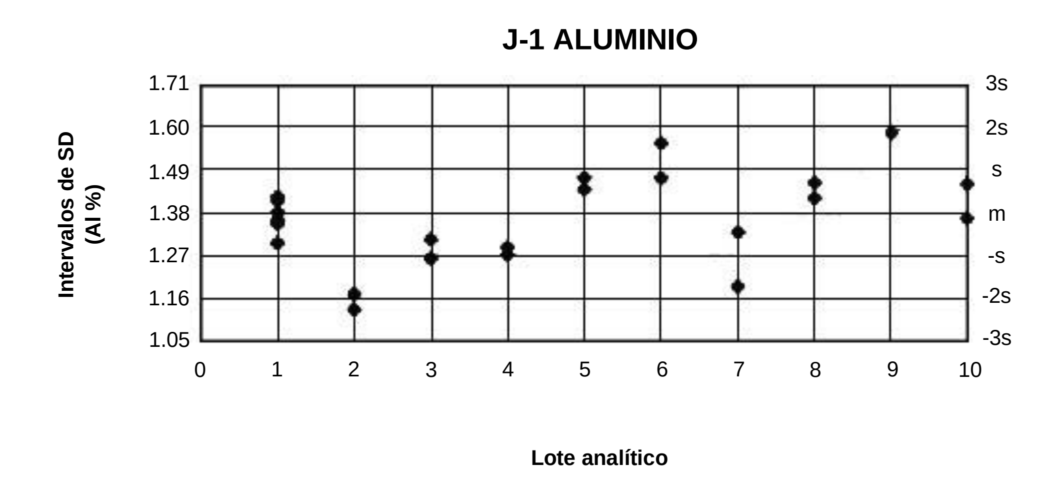


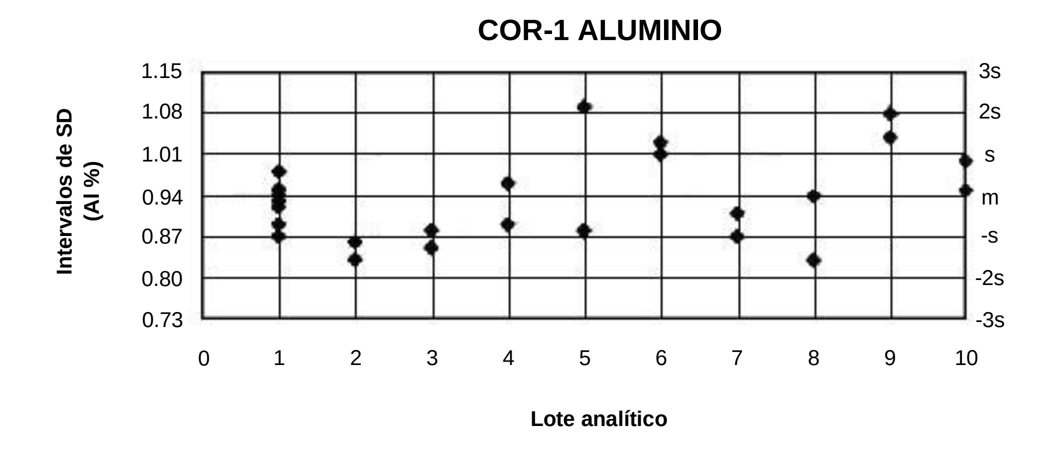
PROGRAMA DE INFORMACIÓN Y CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA

QUITO, 1997

Gráficos de control de las muestras de referencia J-1, COR-1, M-1

Análisis del primer año. Se presenta la Concentración vs el Lote analítico, junto con la media (m) e intervalos de desviación estándar (s).





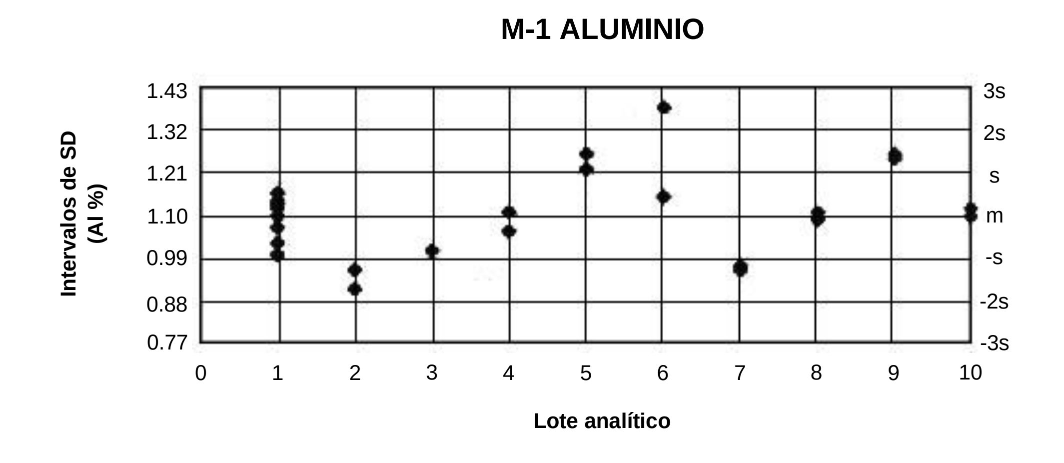
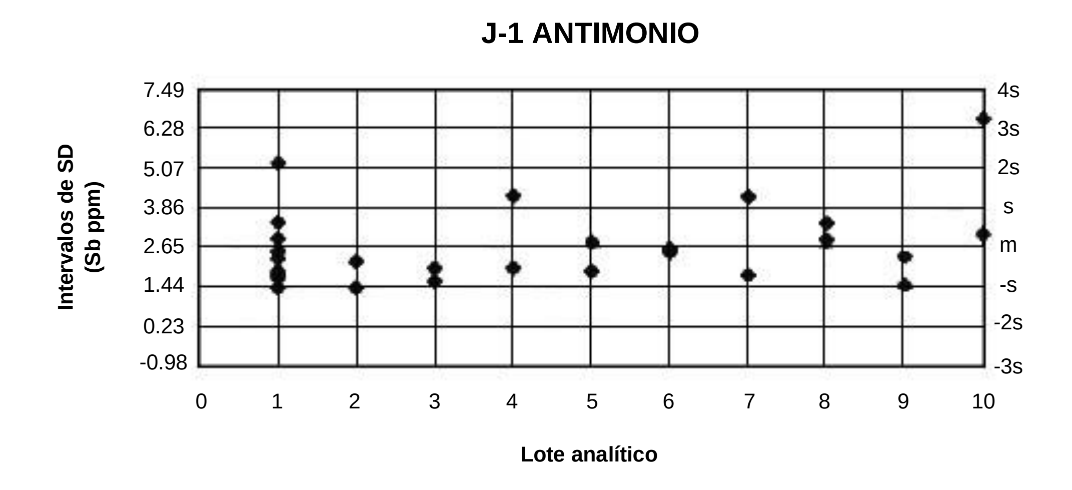
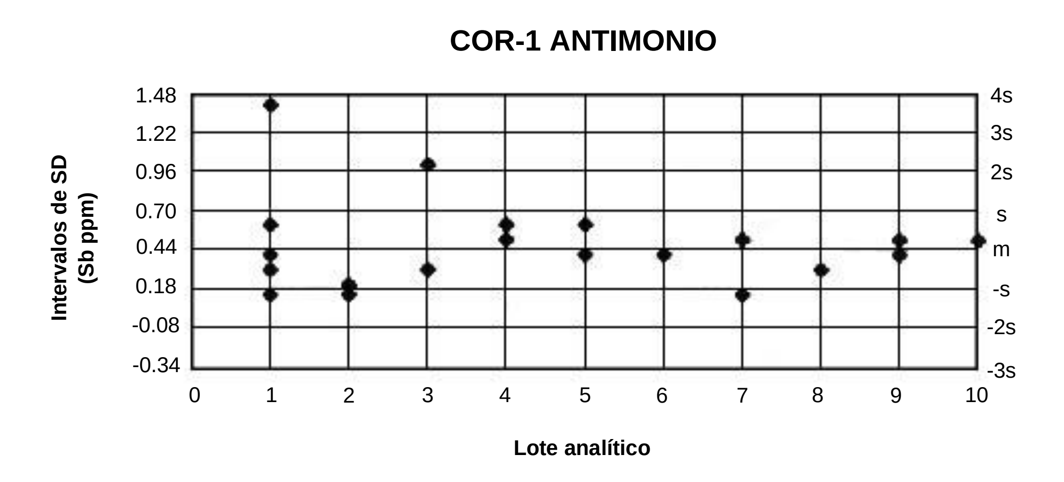


Figura 1. Gráficos de control para el Aluminio





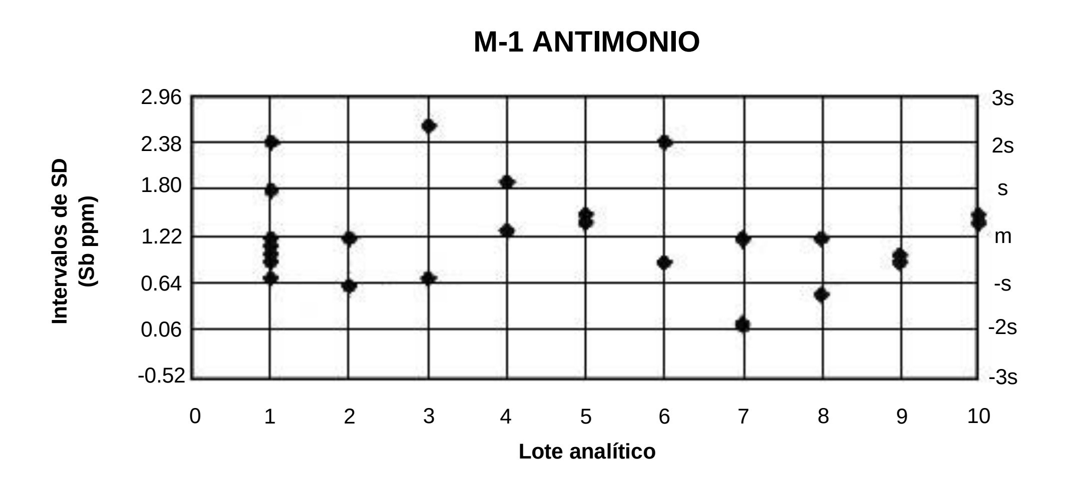
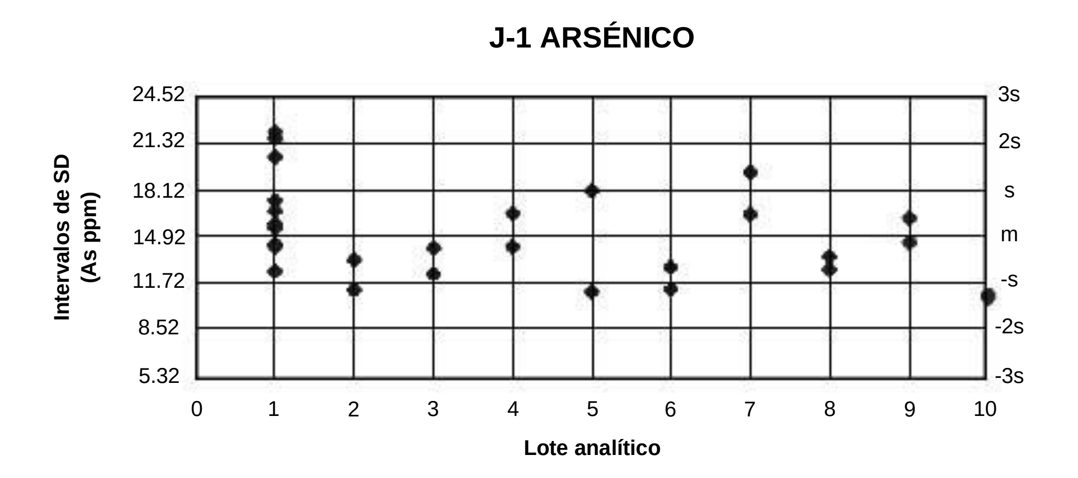
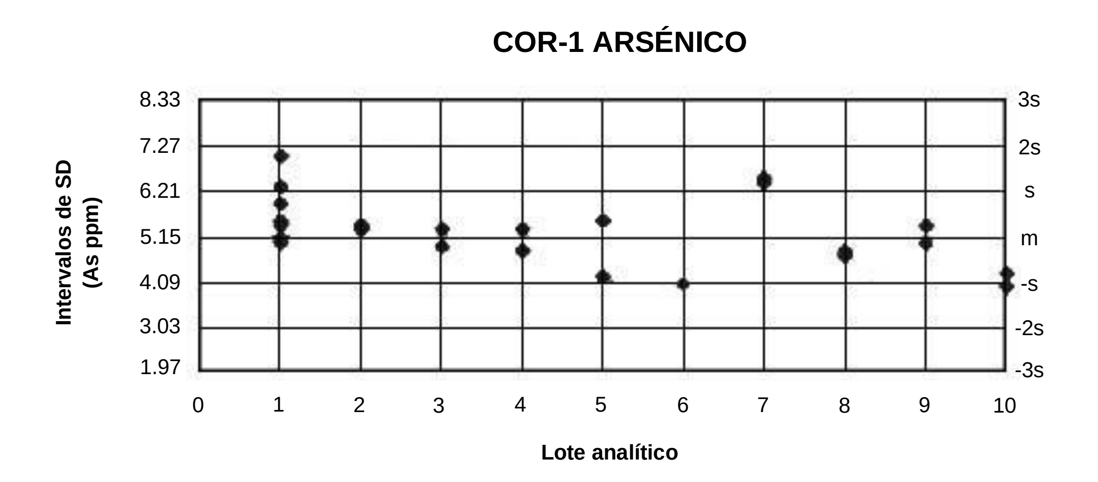


Figura 2. Gráficos de control para el Antimonio





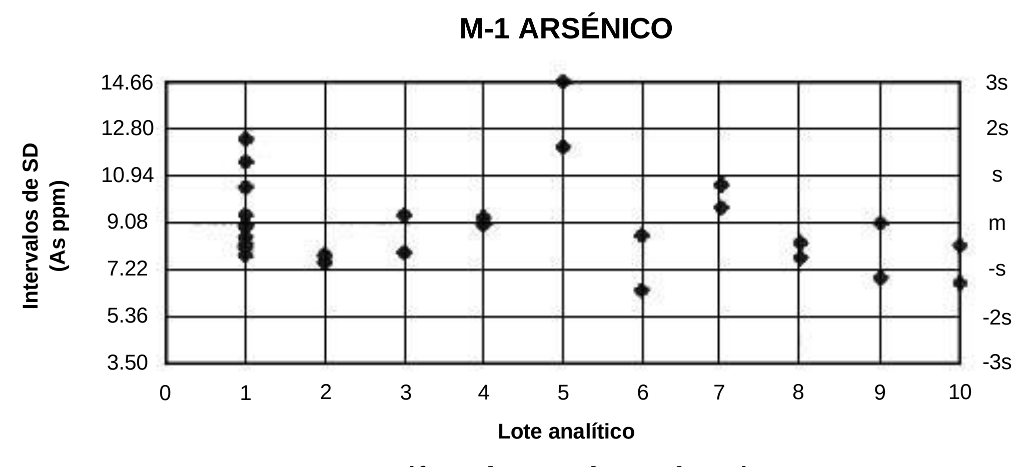
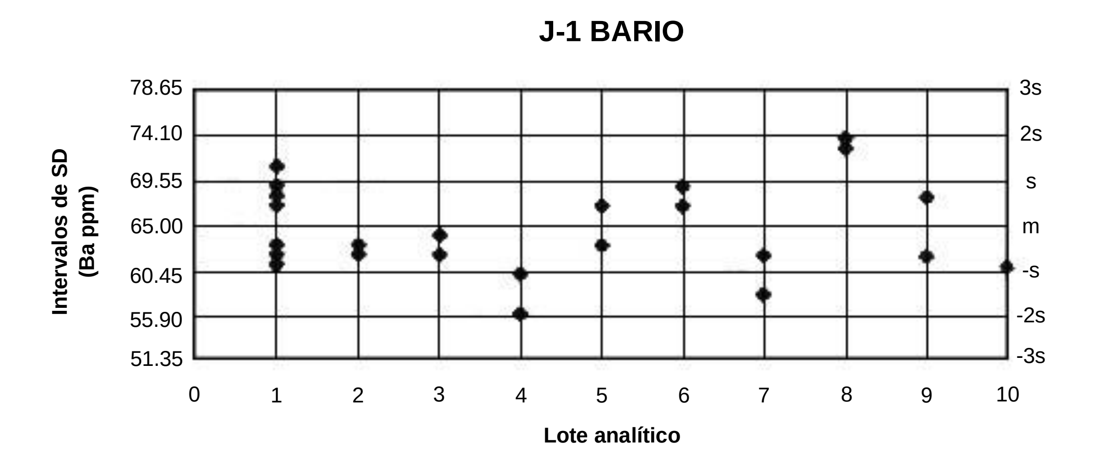
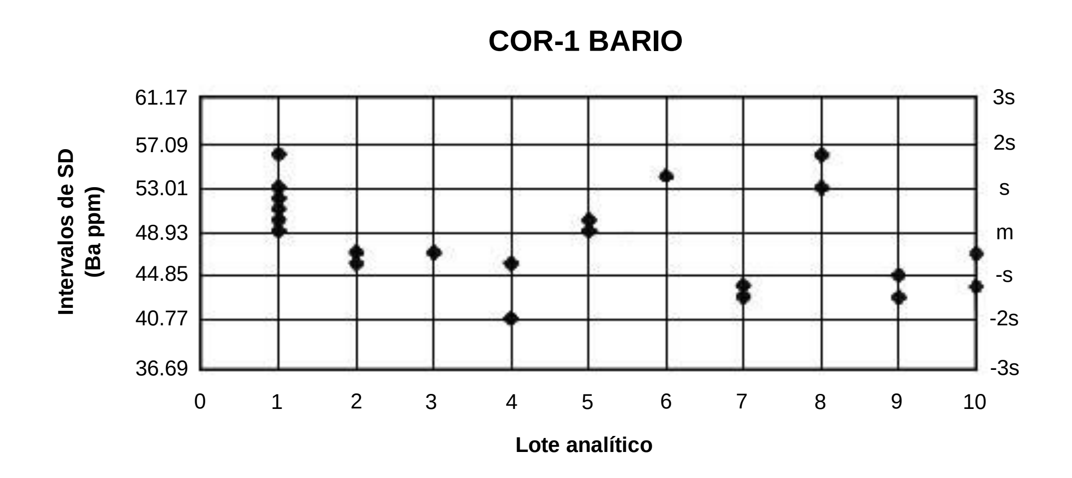


Figura 3. Gráficos de control para el Arsénico





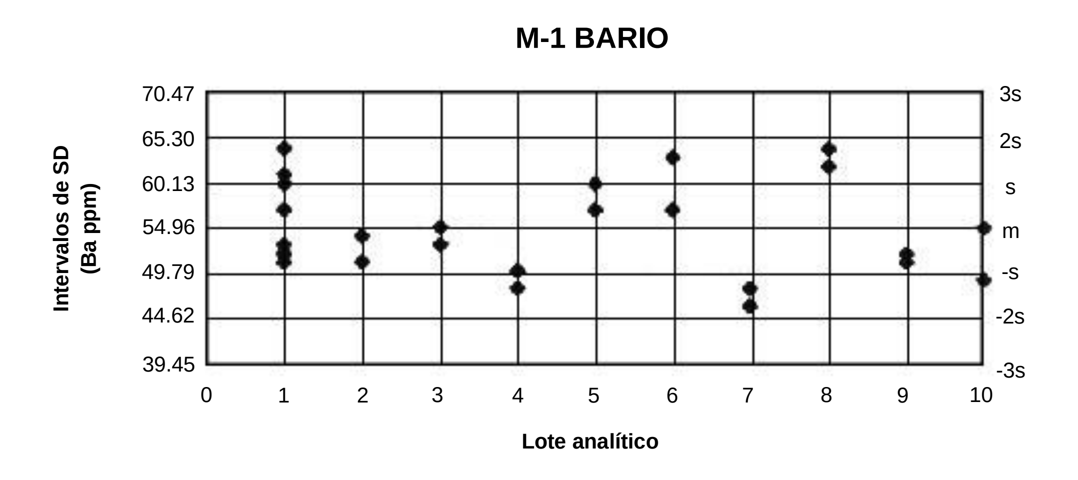
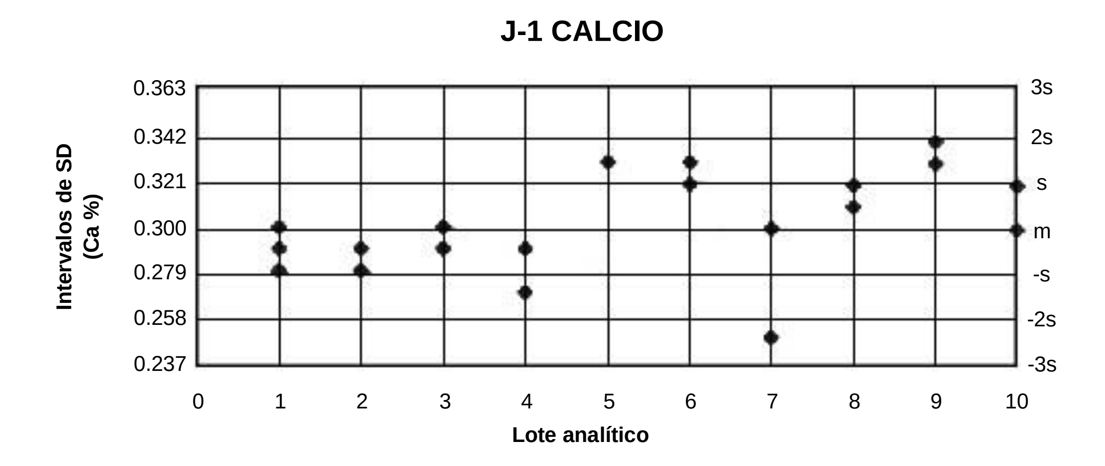
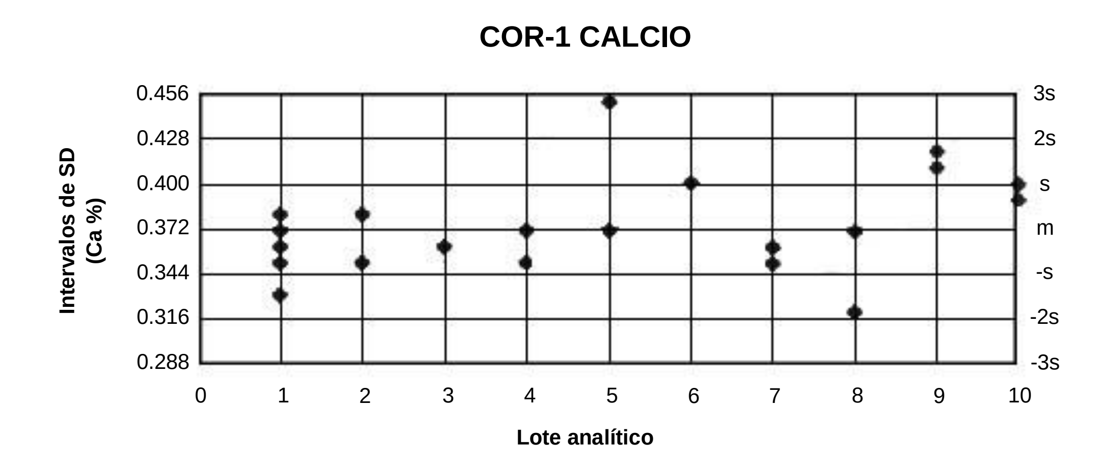


Figura 4. Gráficos de control para el Bario





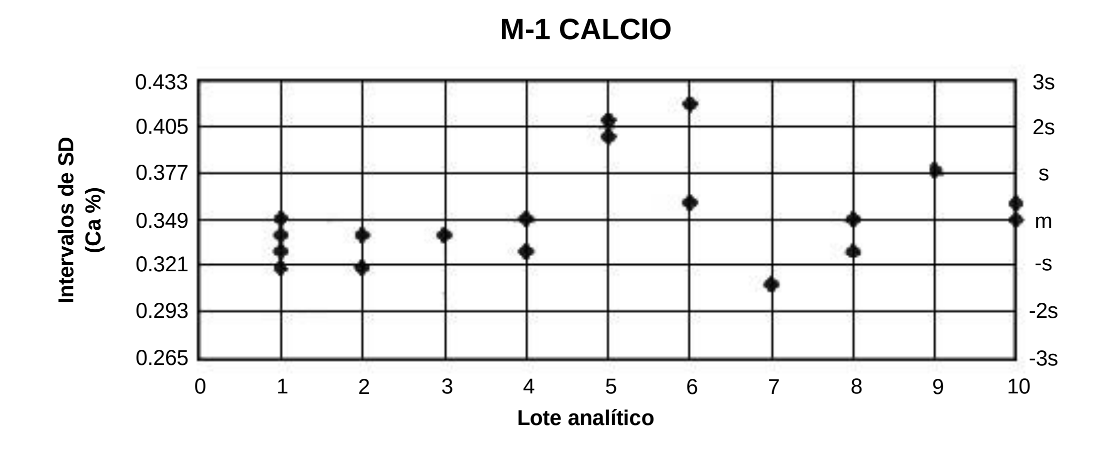
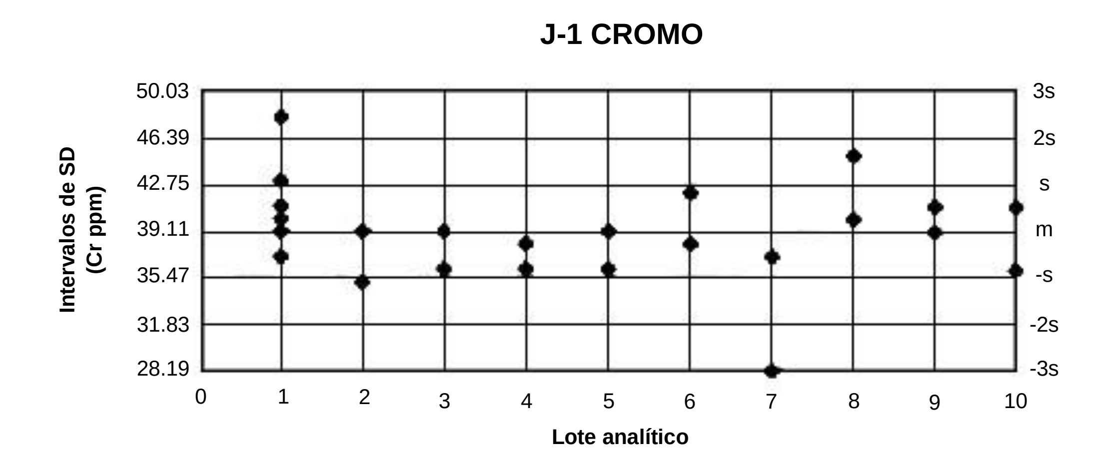
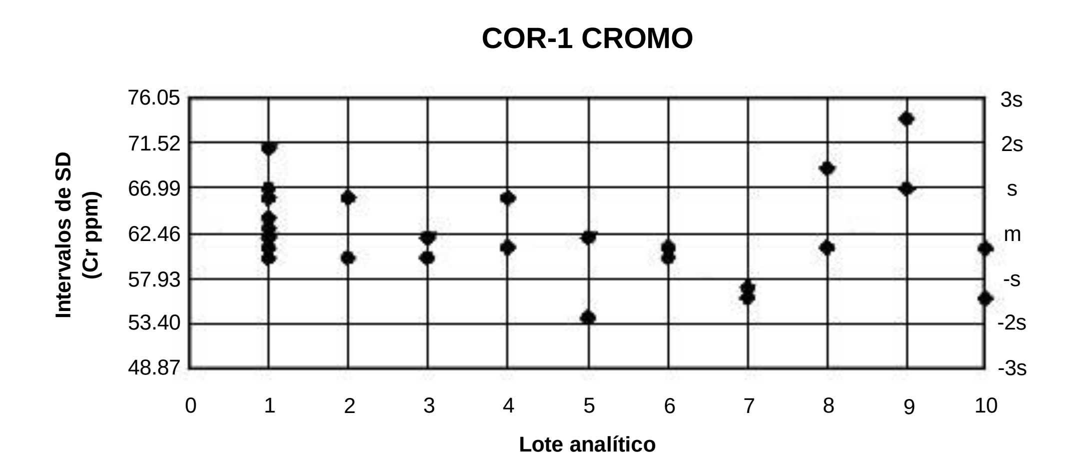


Figura 5. Gráficos de control para el Calcio





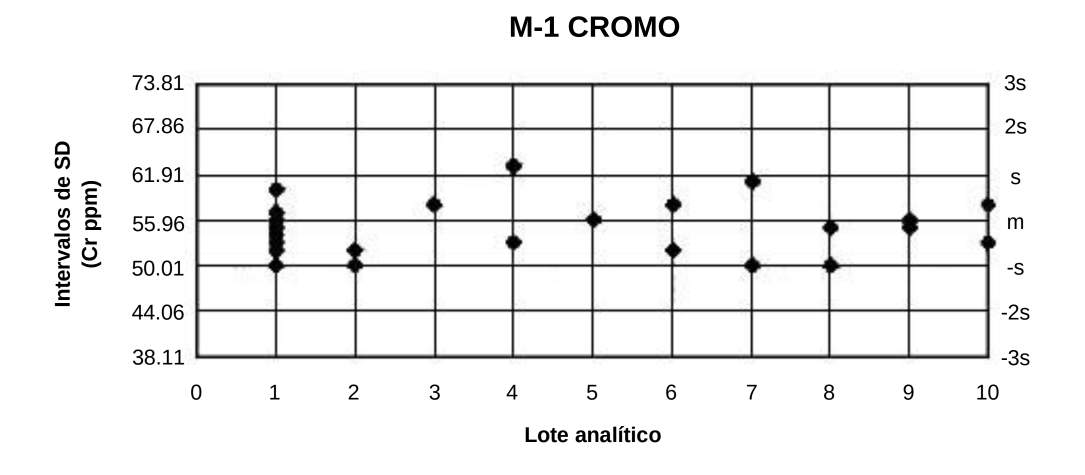
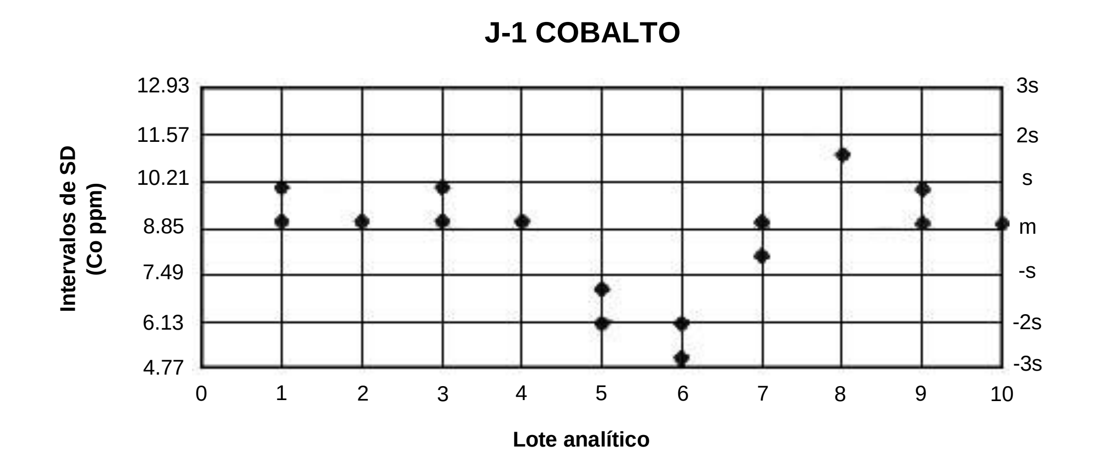
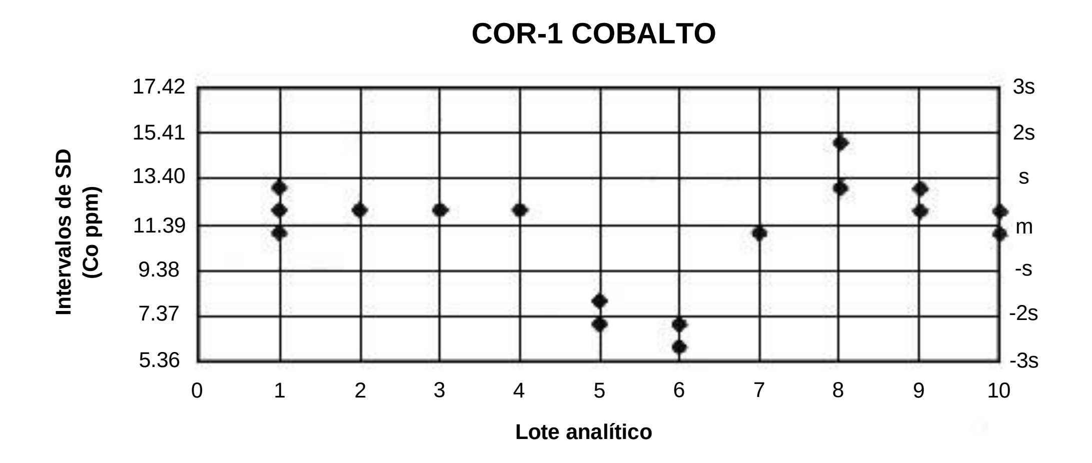


Figura 6. Gráficos de control para el Cromo





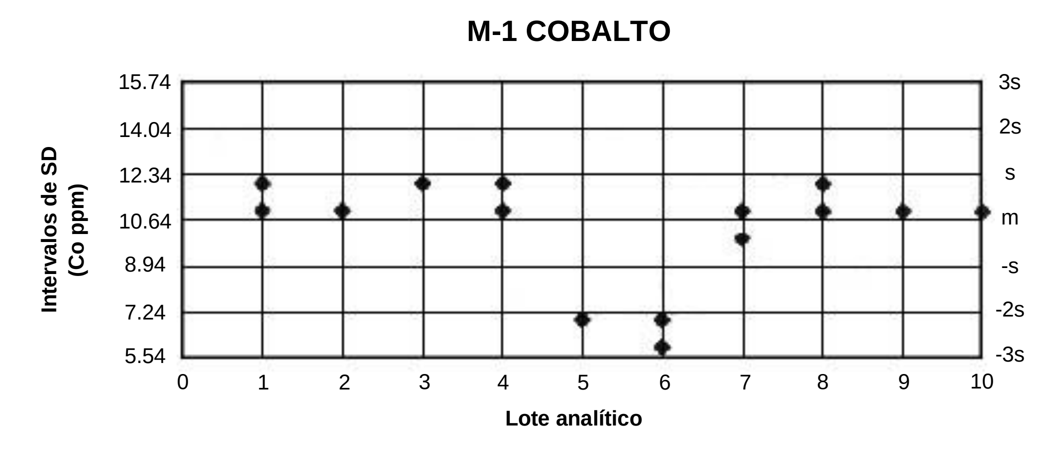
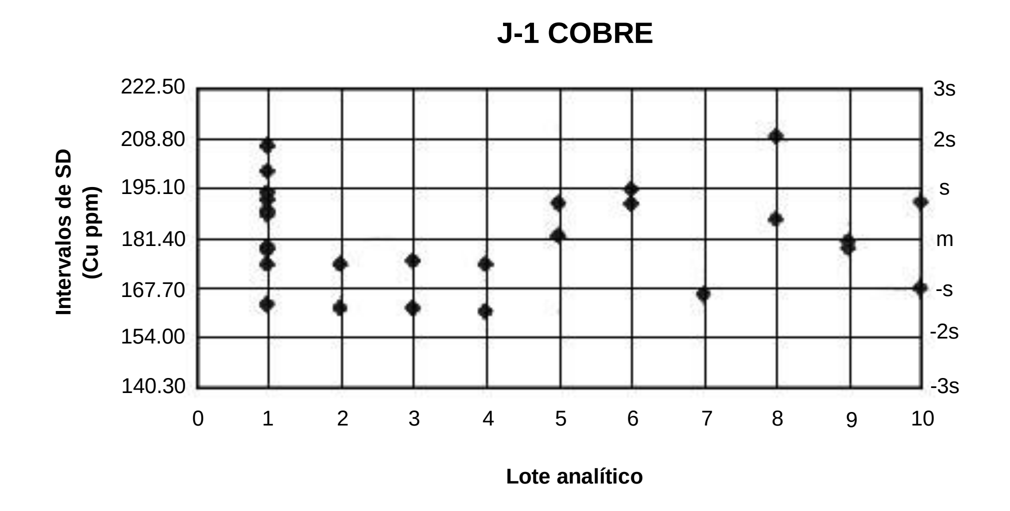
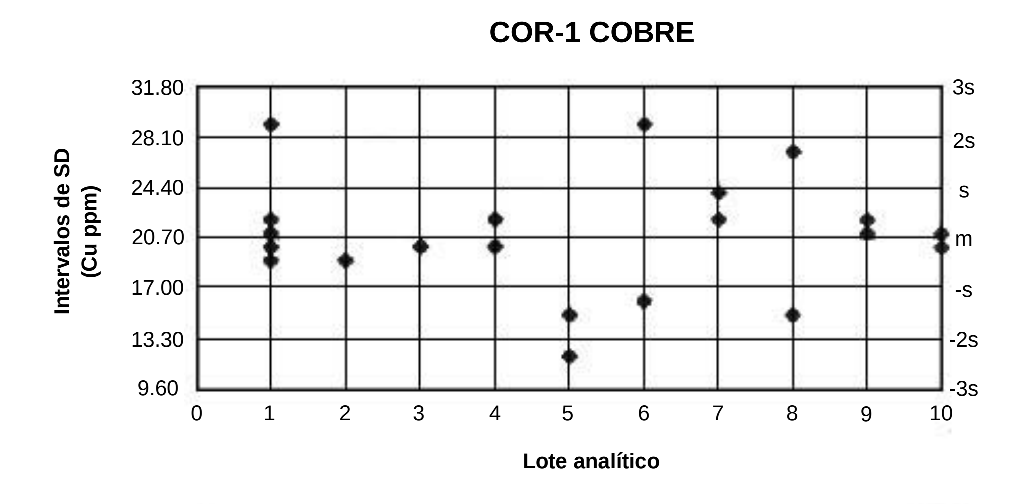


Figura 7. Gráficos de control para el Cobalto





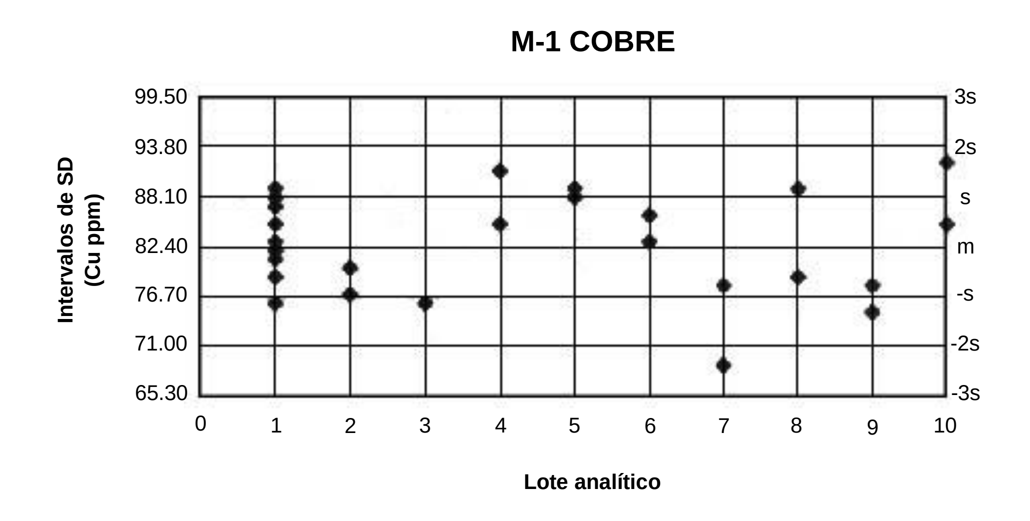
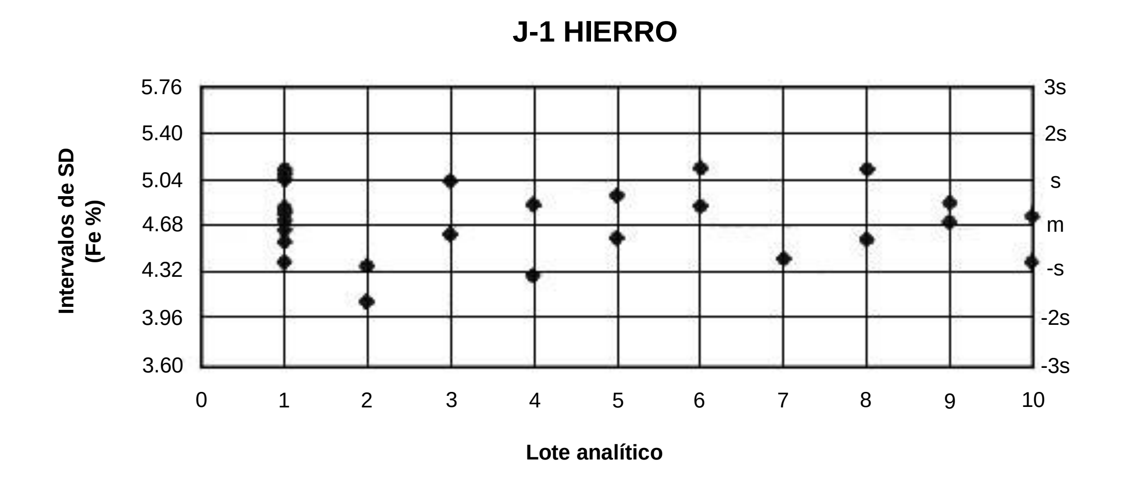
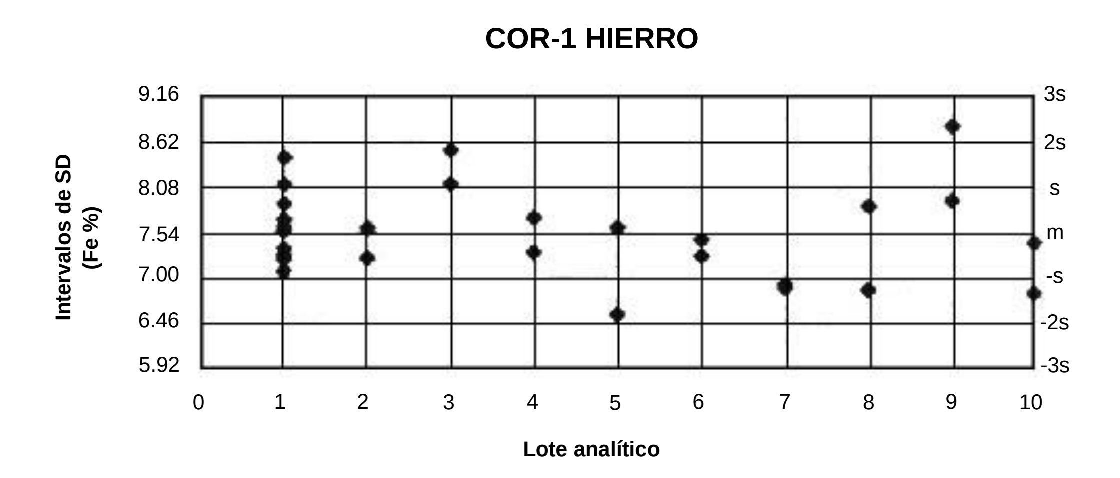


Figura 8. Gráficos de control para el Cobre





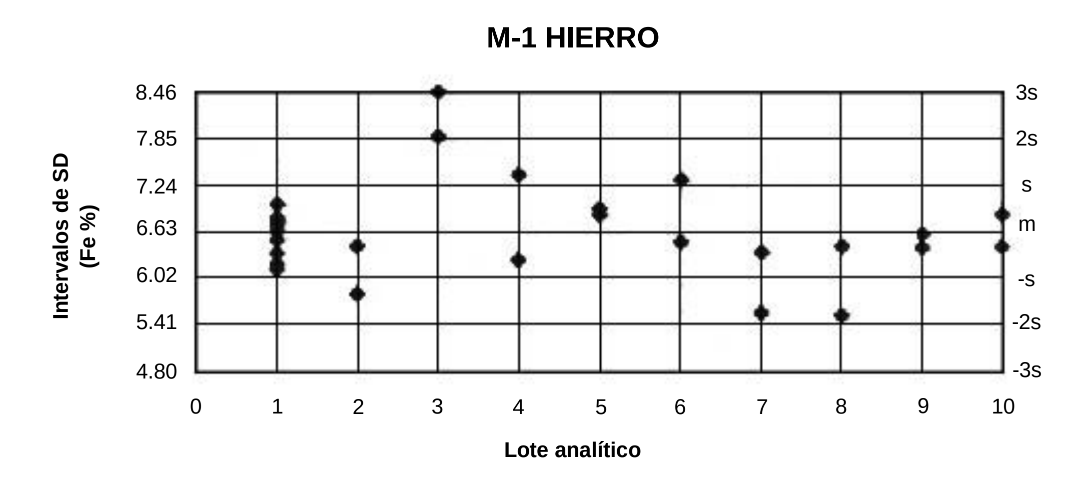
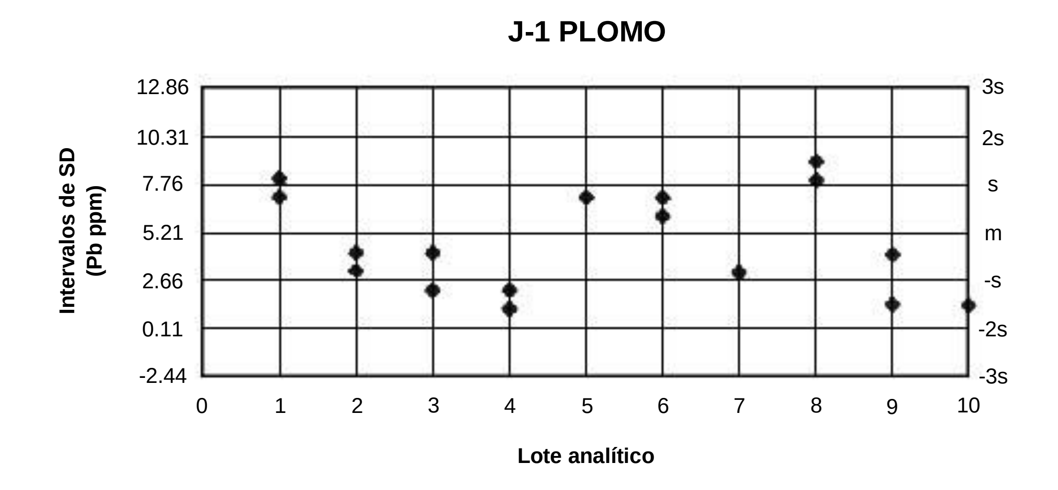
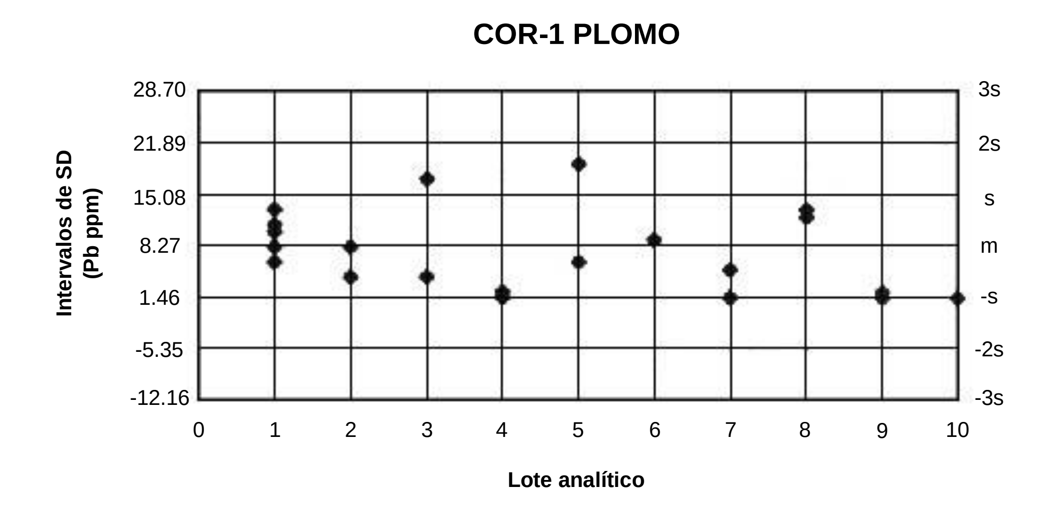


Figura 9. Gráficos de control para el Hierro





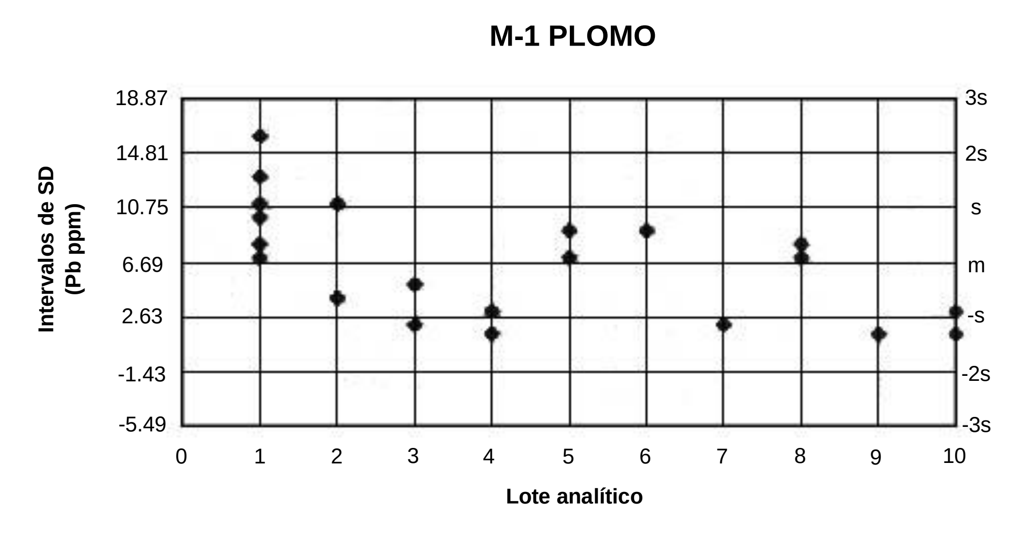
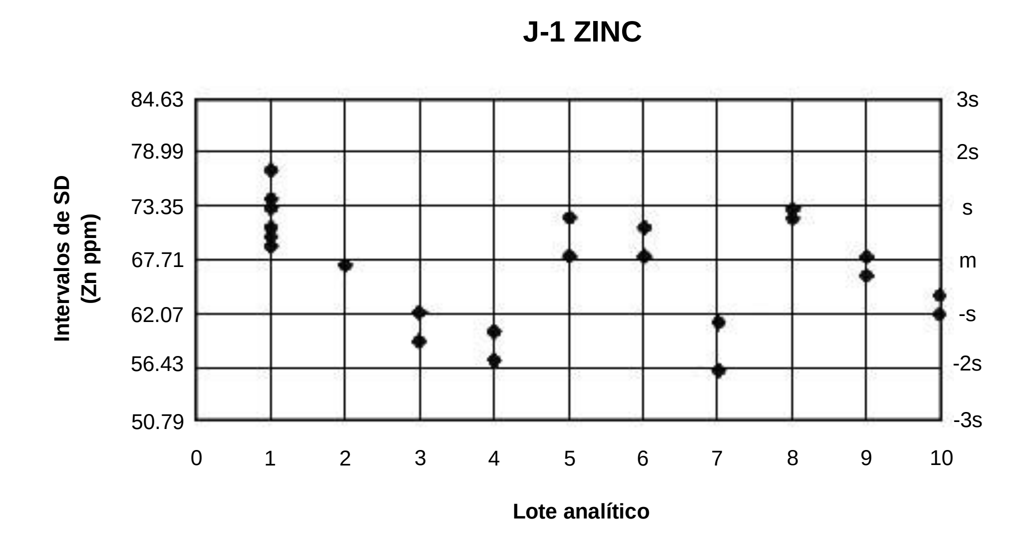
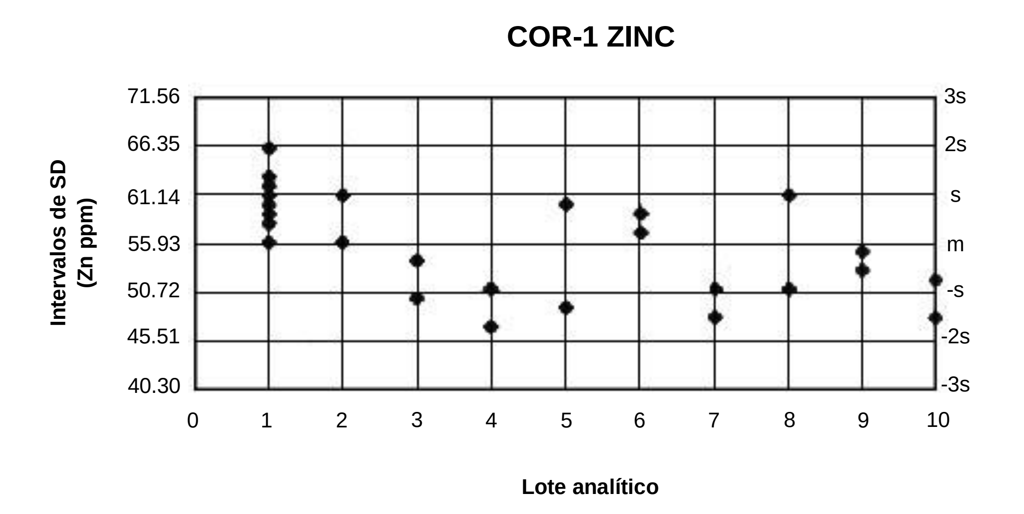


Figura 10. Gráficos de control para el Plomo





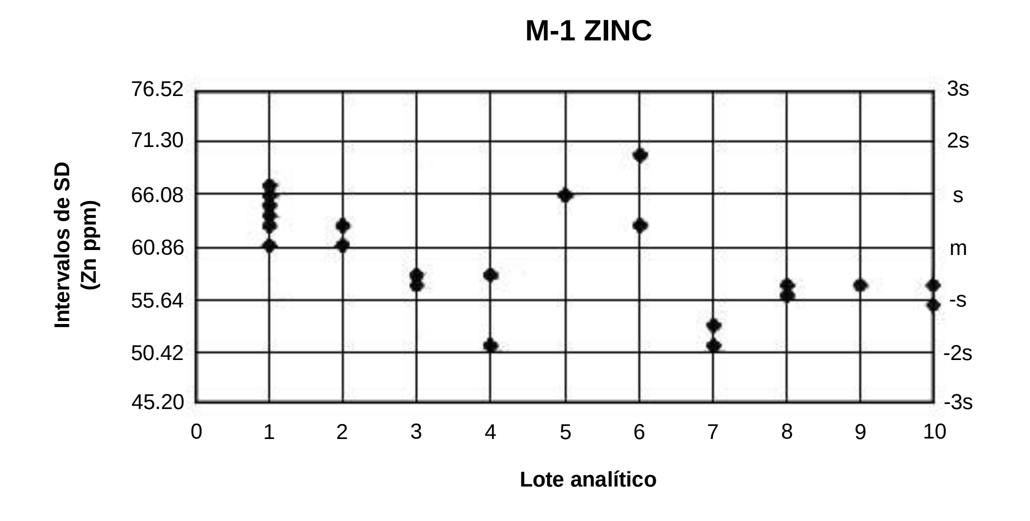
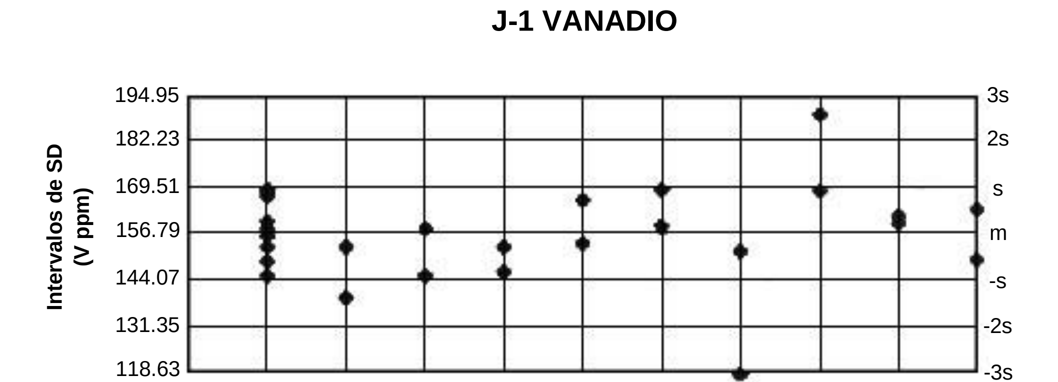


Figura 11. Gráficos de control para el Zinc

J-1 VANADIO



Lote analítico

COR-1 VANADIO

Intervalos de SD (V ppm)

342.22
322.55
302.88
283.21
263.54
243.87
224.20

3s
2s
s
m
-s
-2s
-3s

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Lote analítico

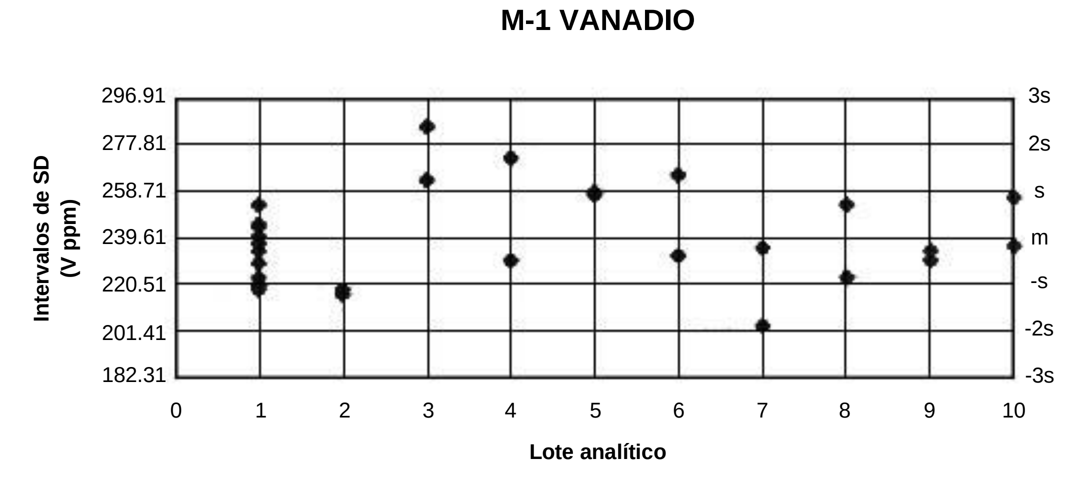
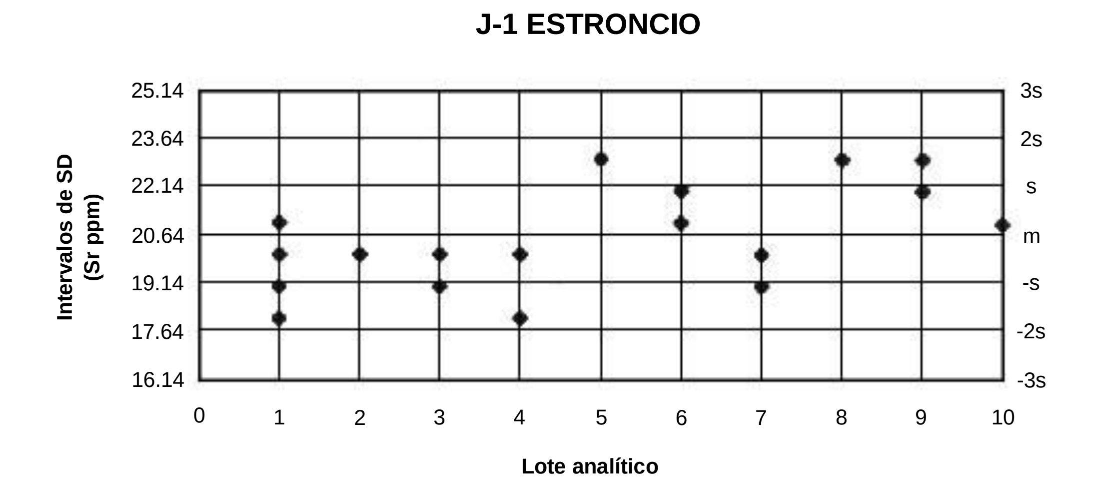
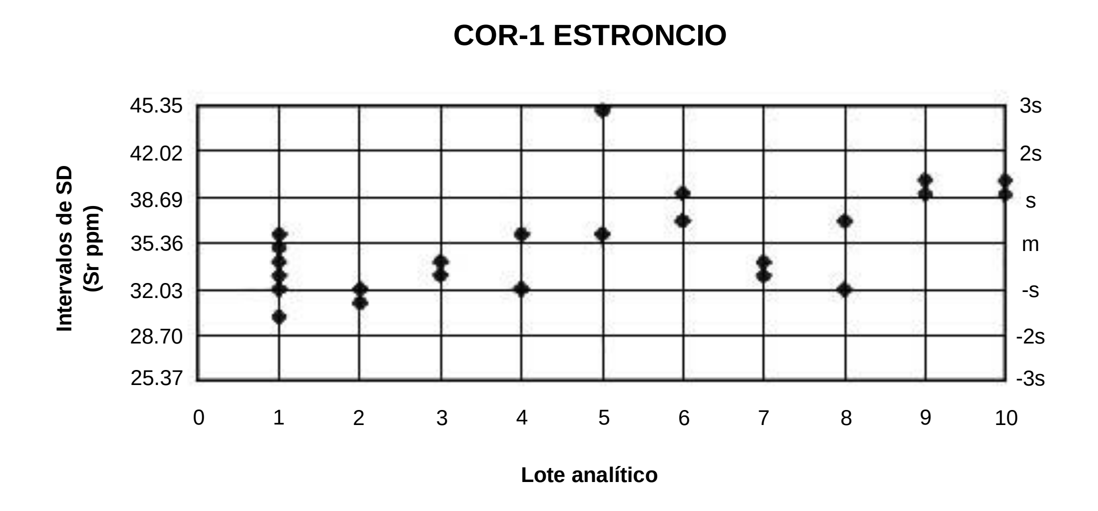


Figura 12. Gráficos de control para el Vanadio





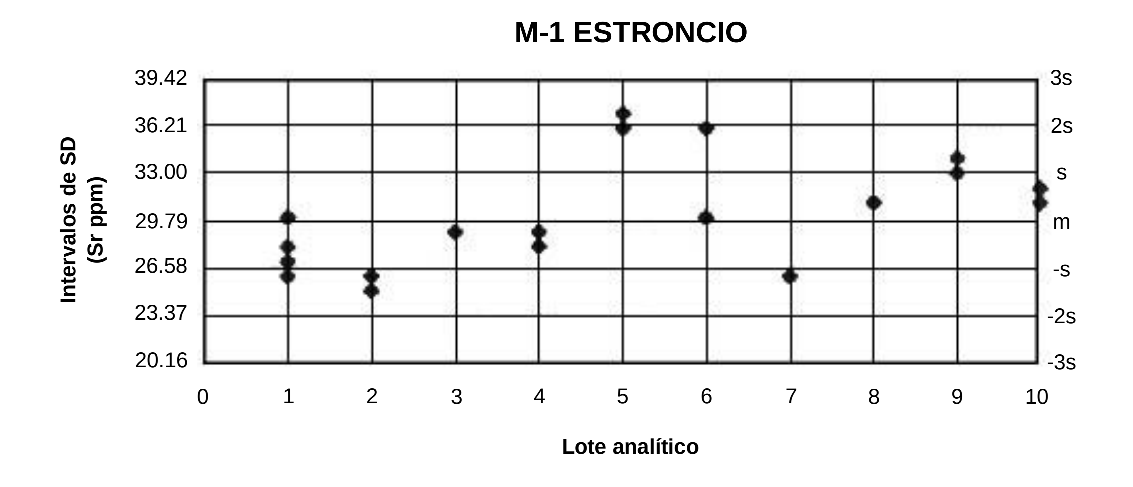
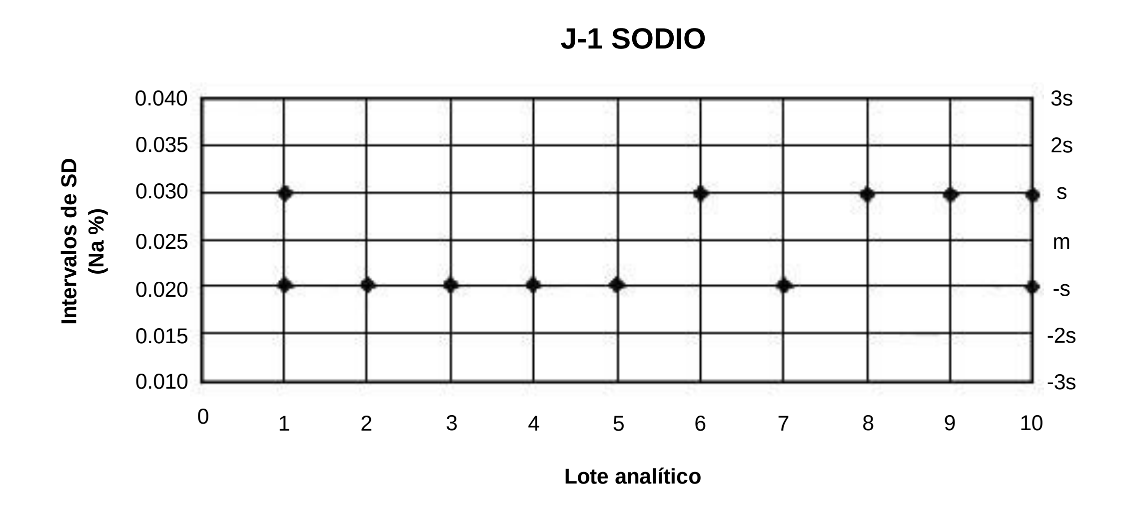
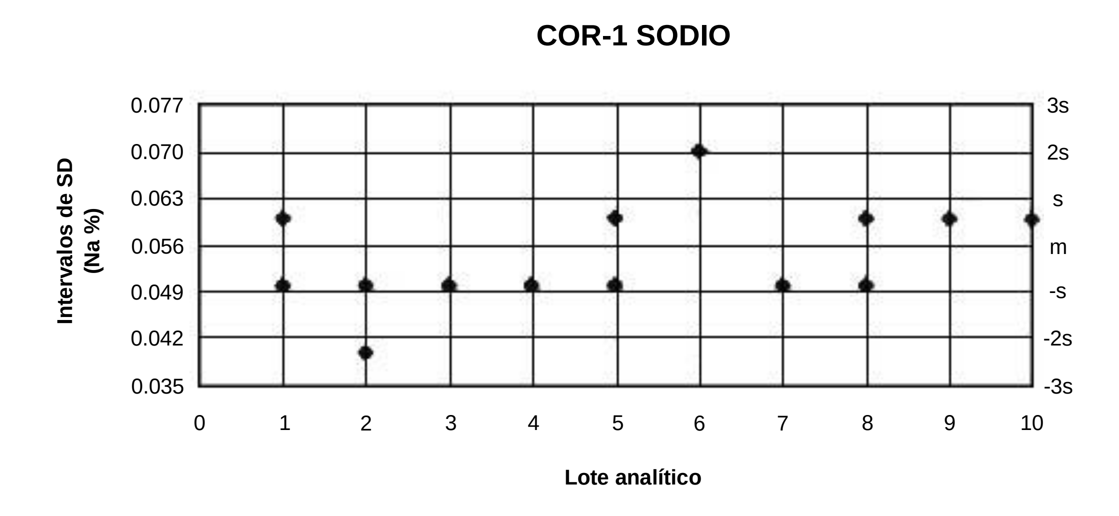


Figura 13. Gráficos de control para el Estroncio





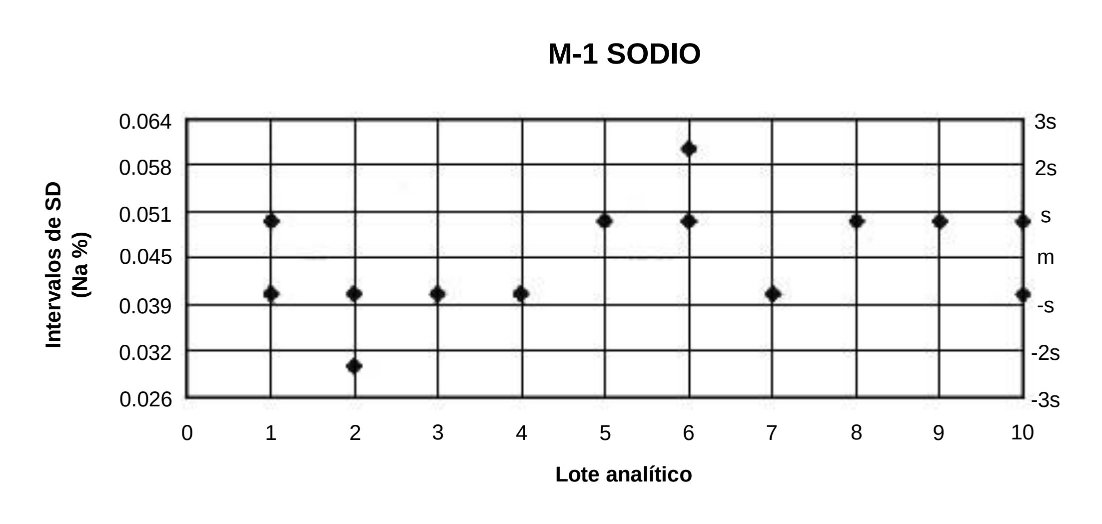
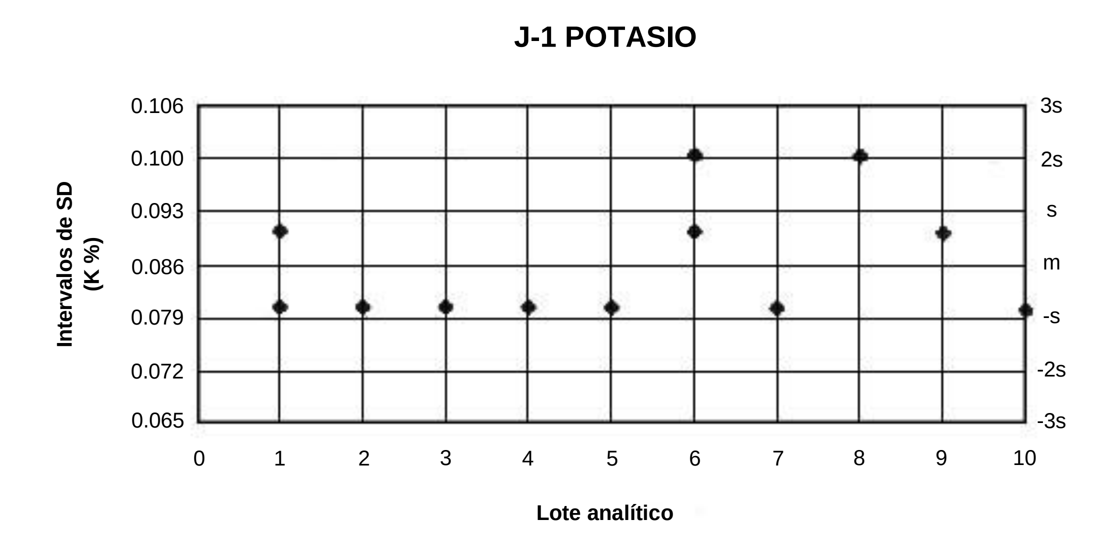
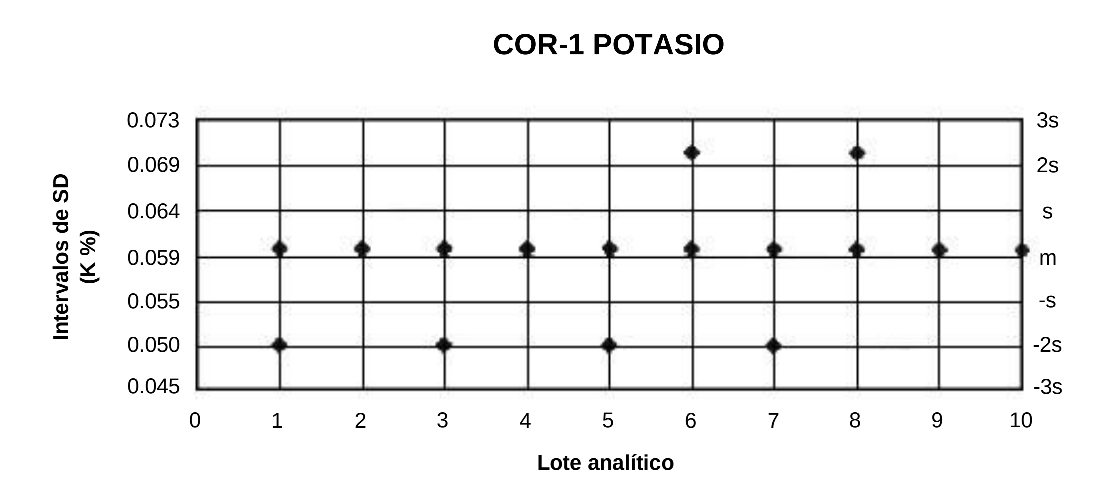


Figura 14. Gráficos de control para el Sodio





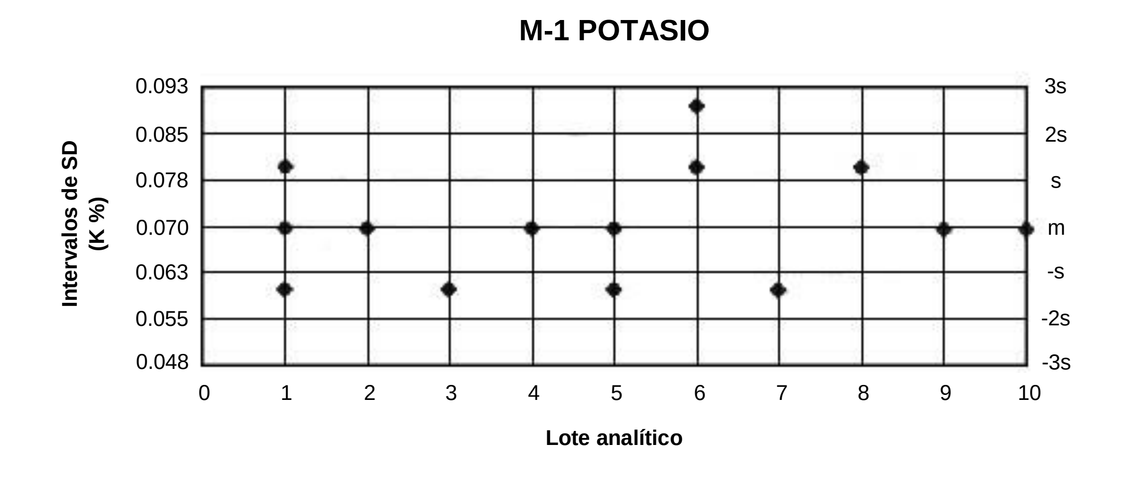
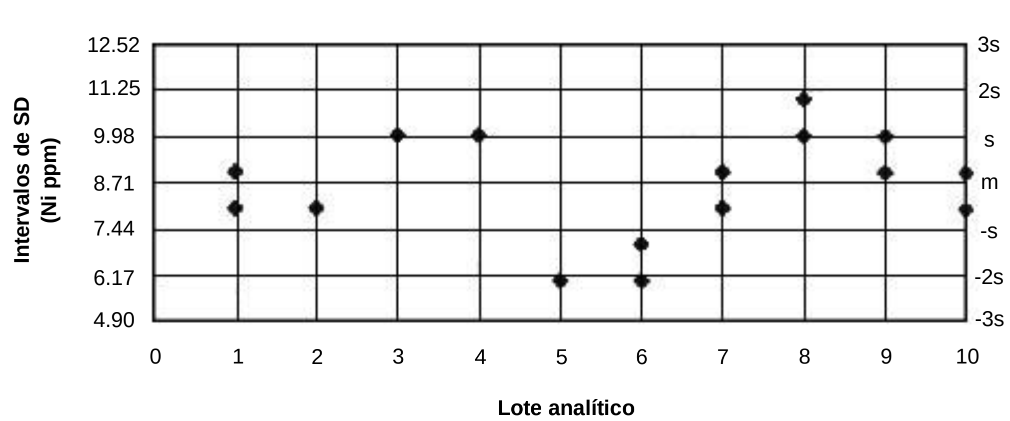
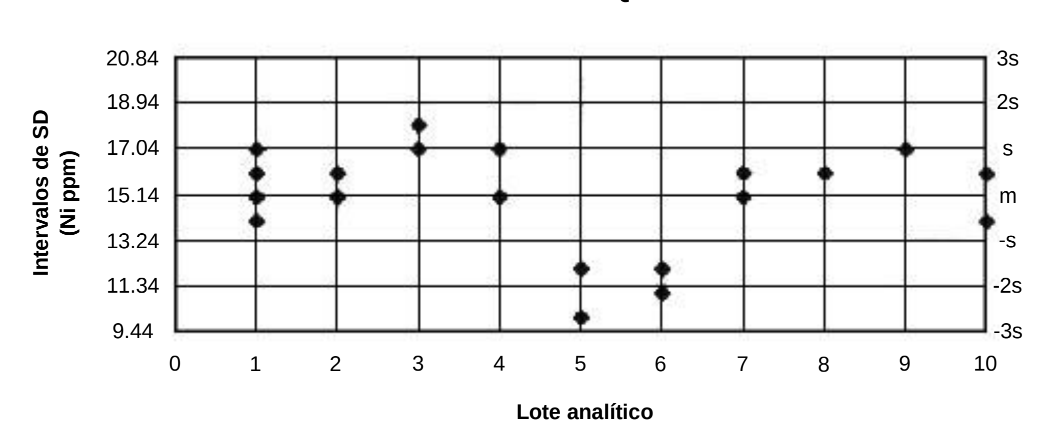


Figura 15. Gráficos de control para el Potasio





COR-1 NÍQUEL



M-1 NÍQUEL

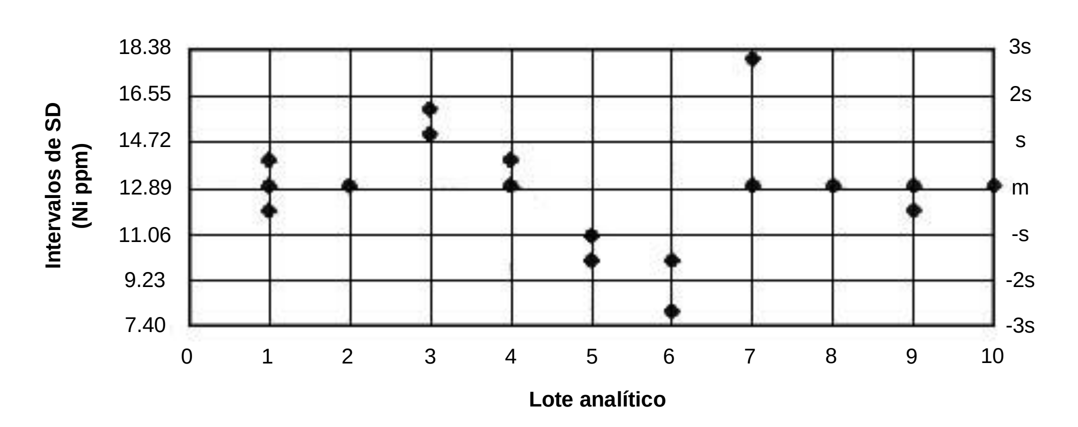
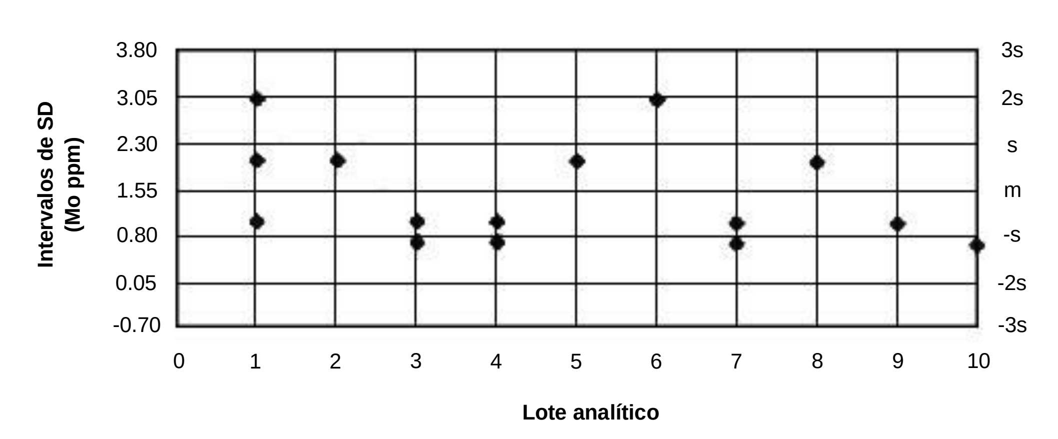
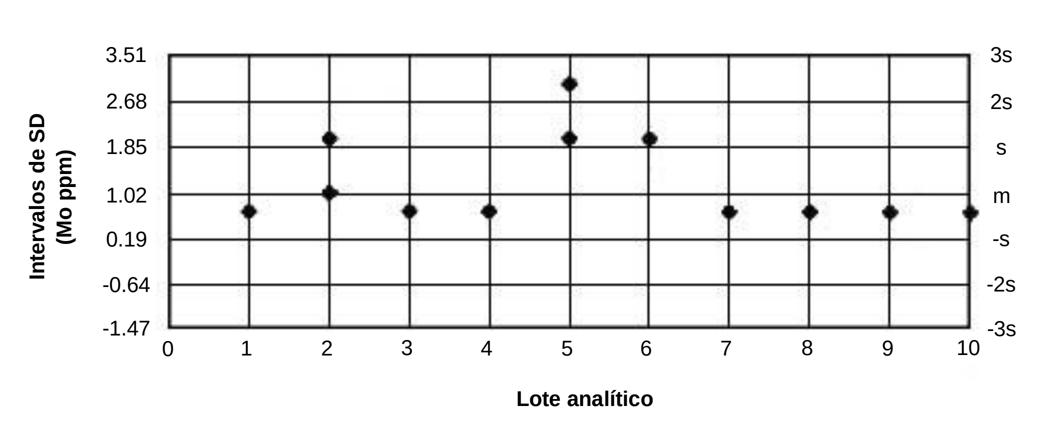


Figura 16. Gráficos de control para el Níquel







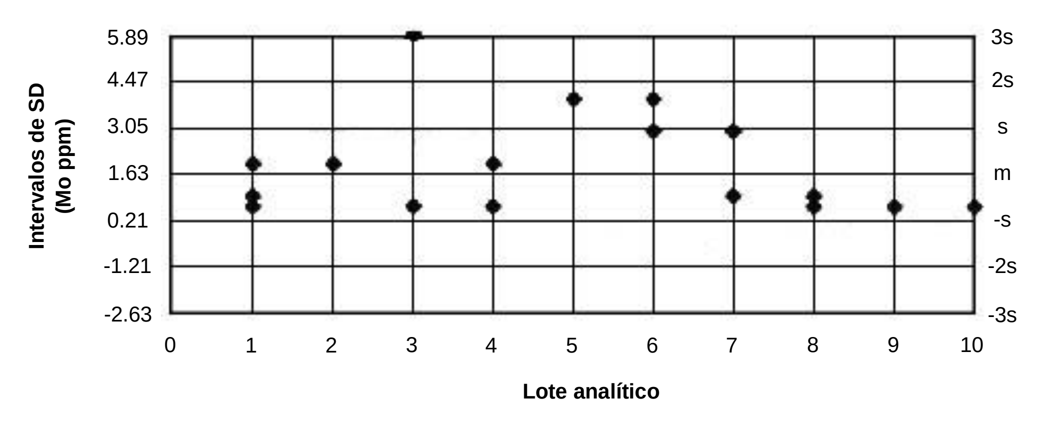
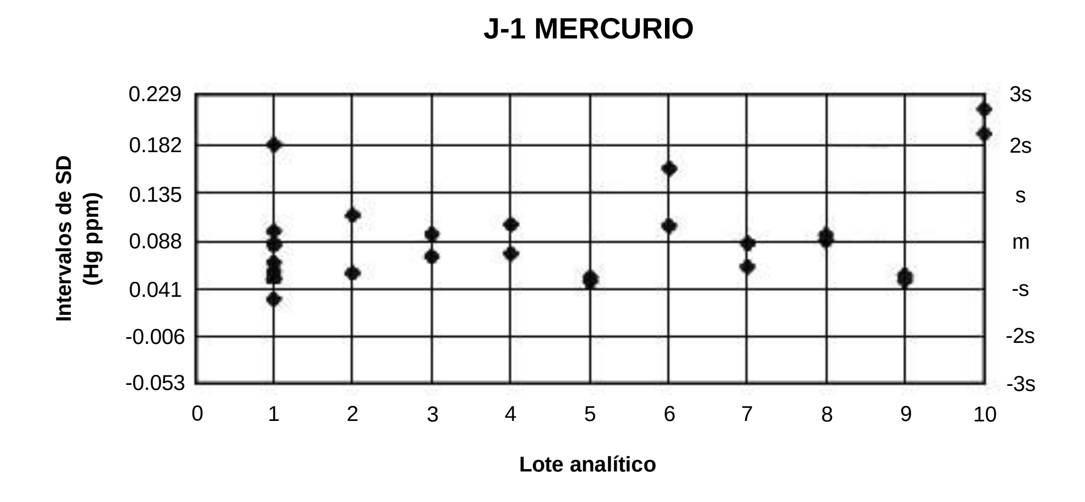
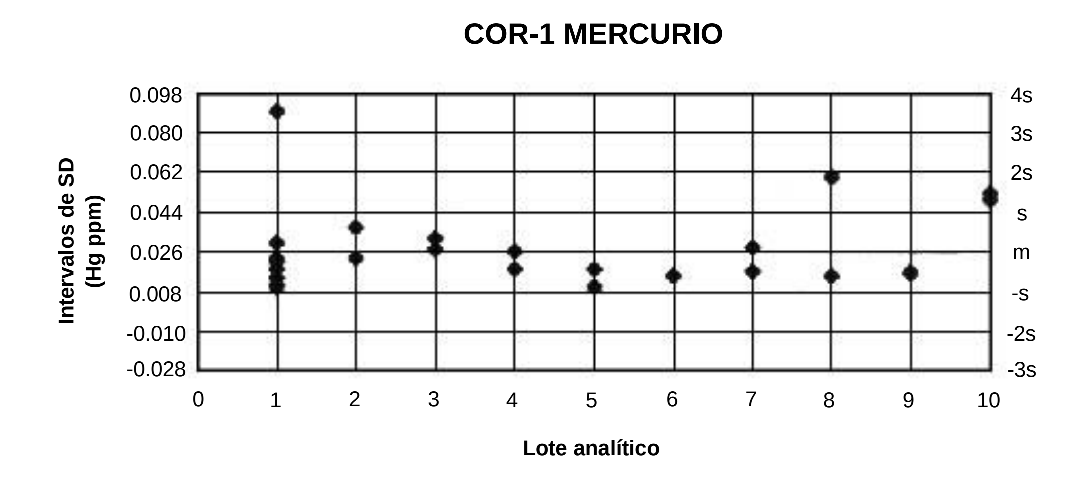


Figura 17. Gráficos de control para el Molibdeno





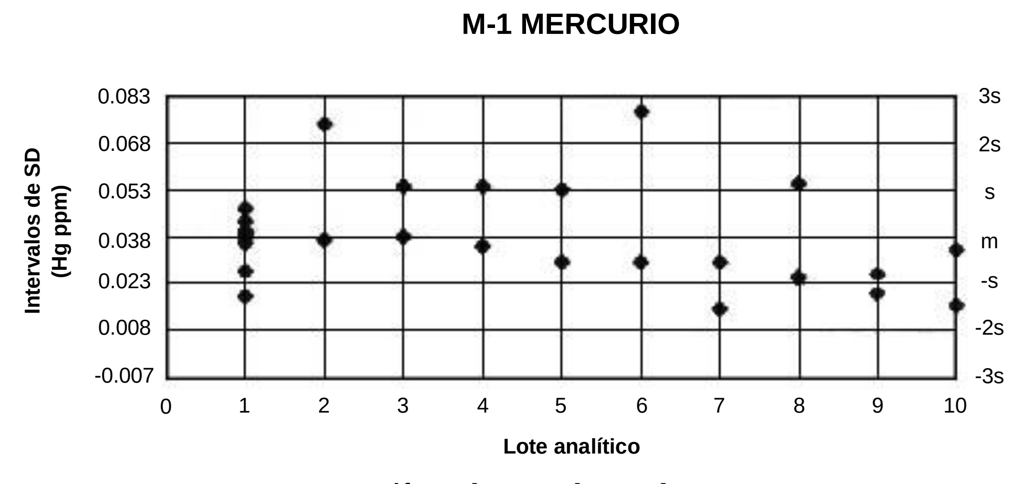
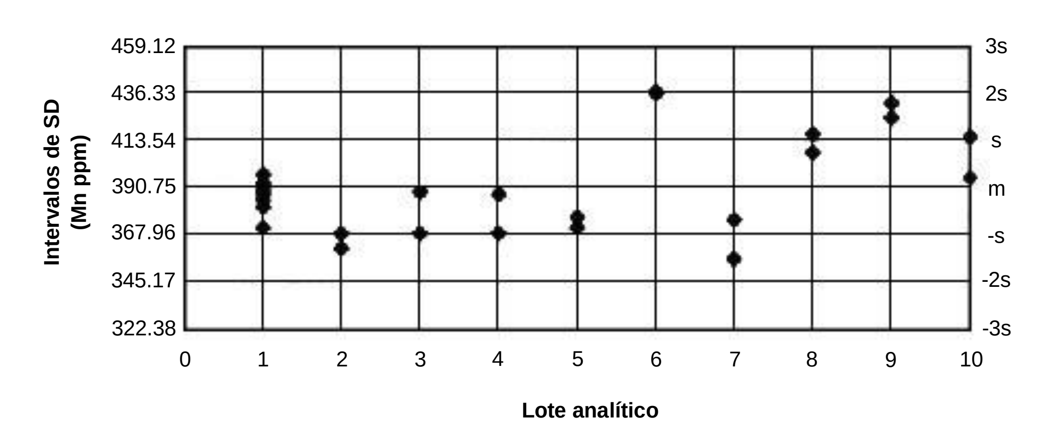
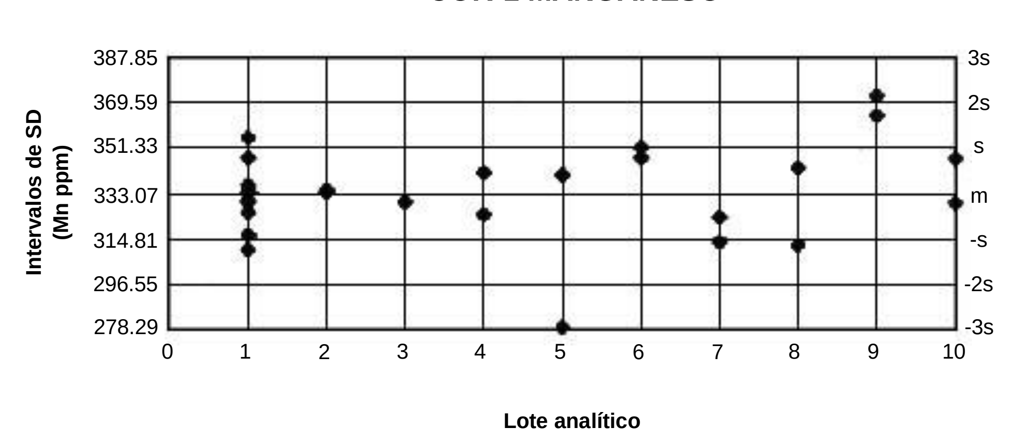


Figura 18. Gráficos de control para el Mercurio





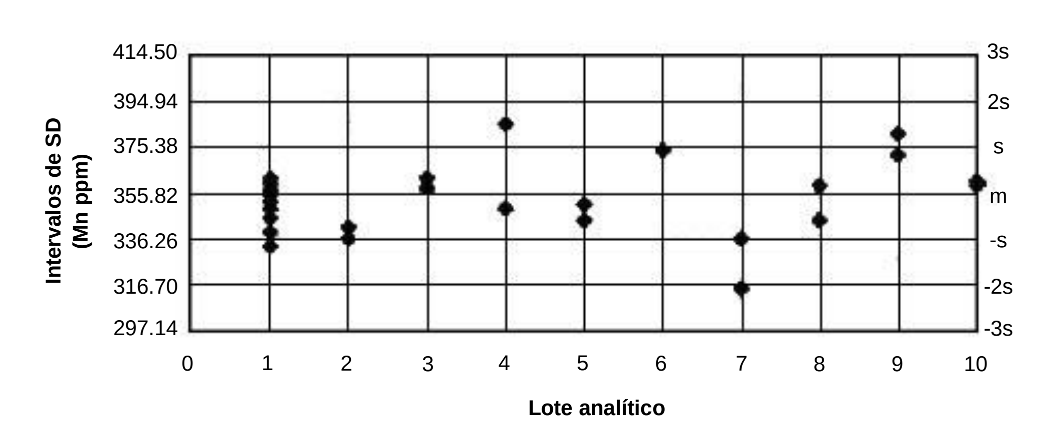
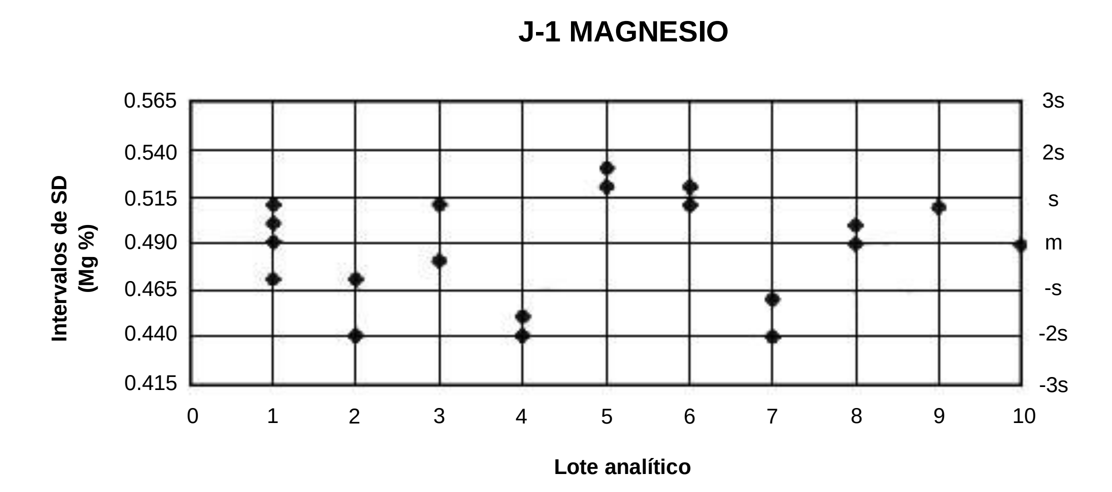
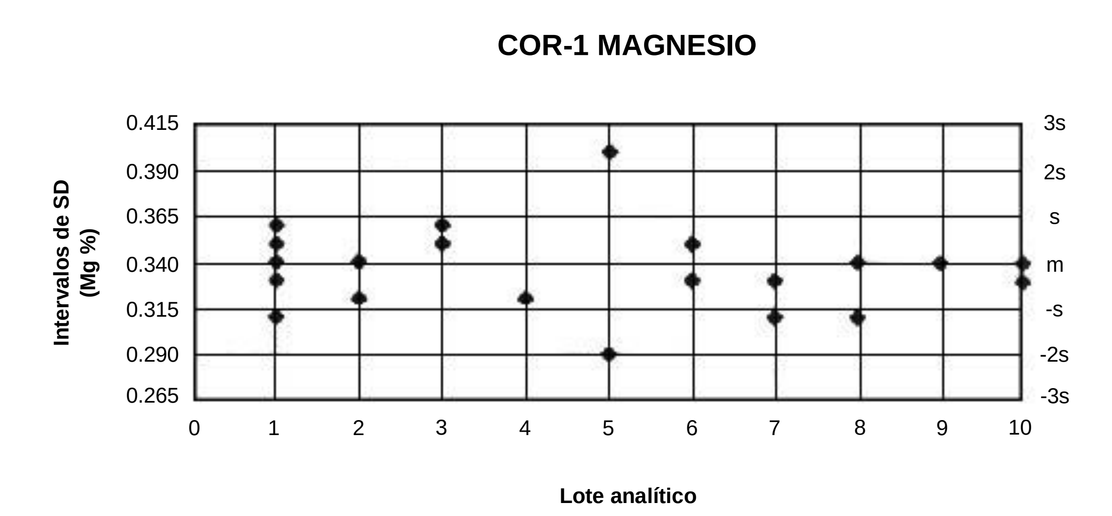


Figura 19. Gráficos de control para el Manganeso





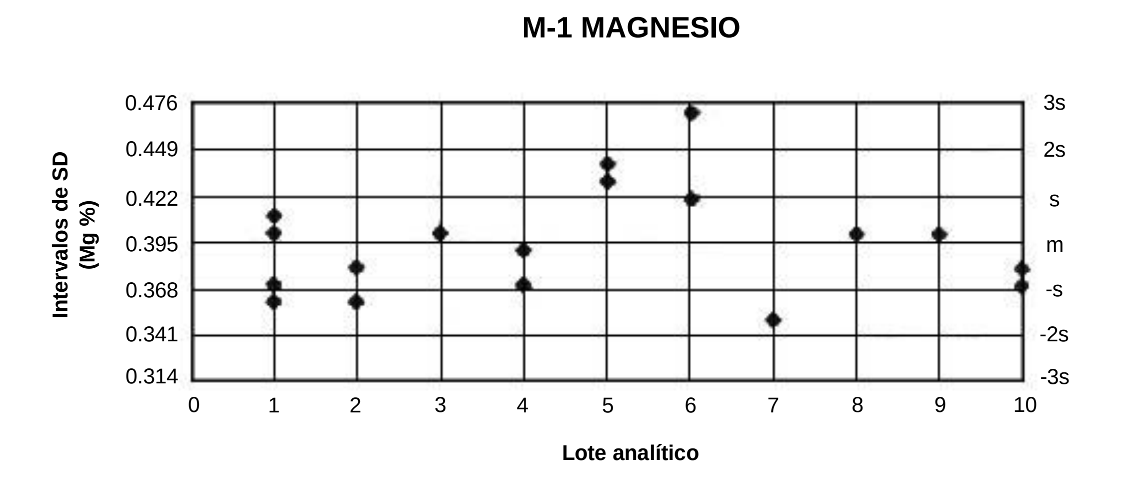
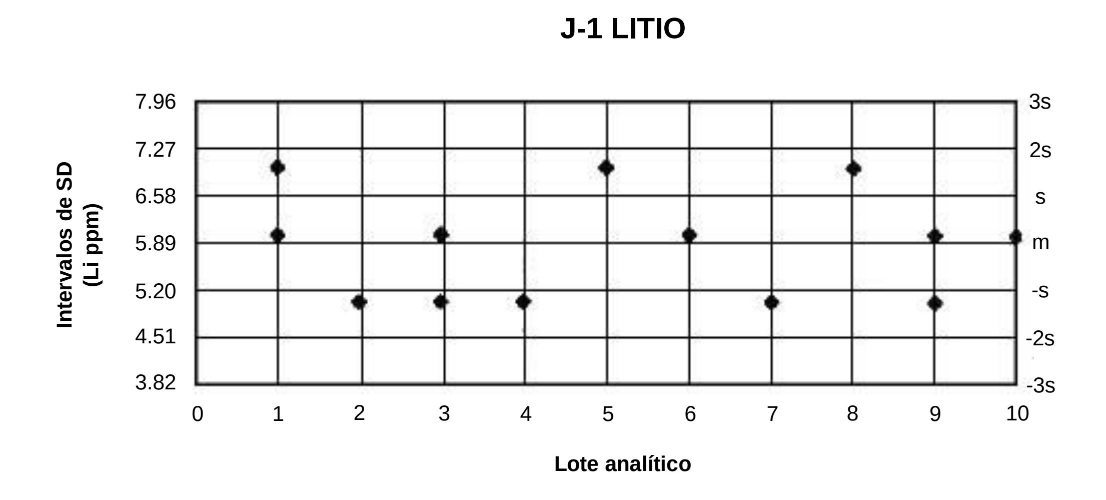
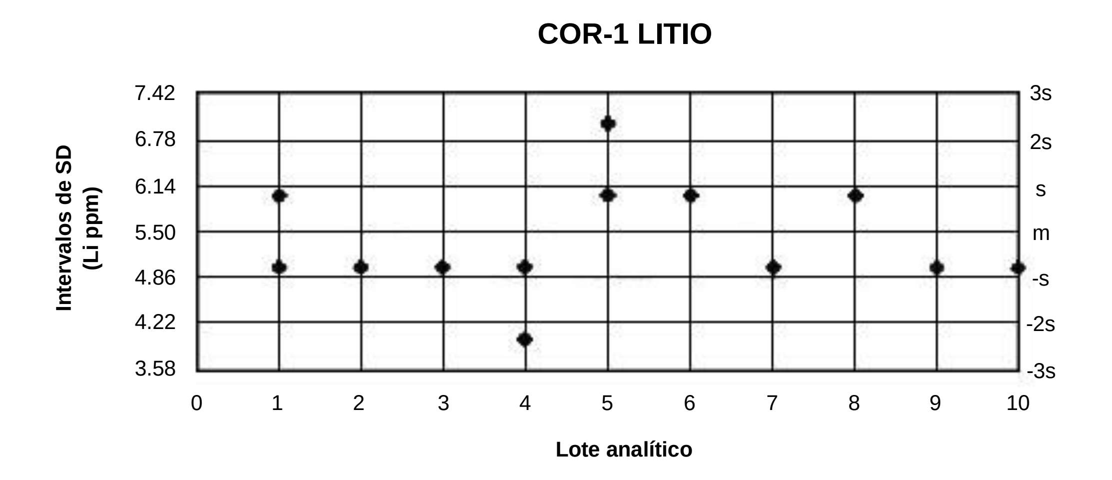


Figura 20. Gráficos de control para el Magnesio





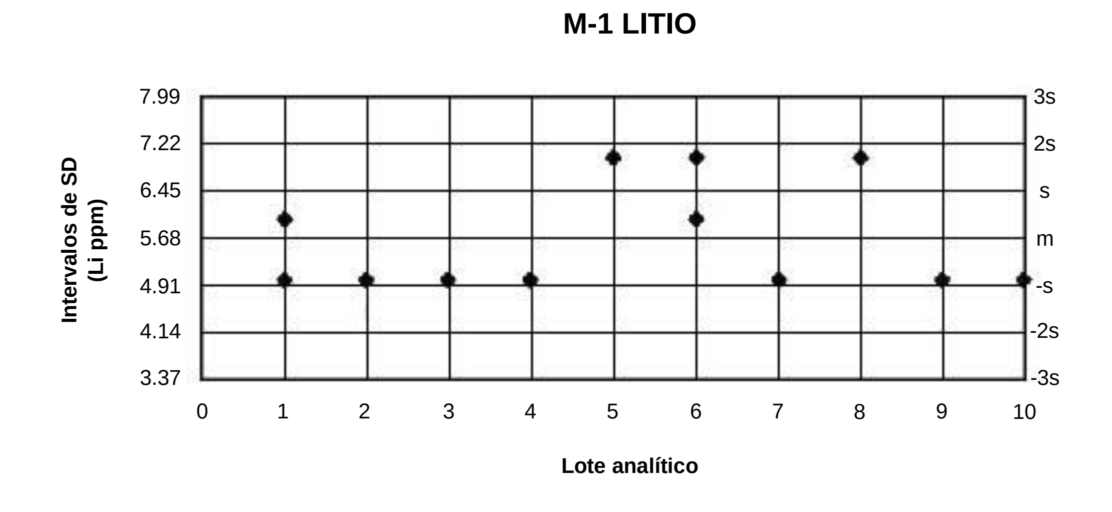
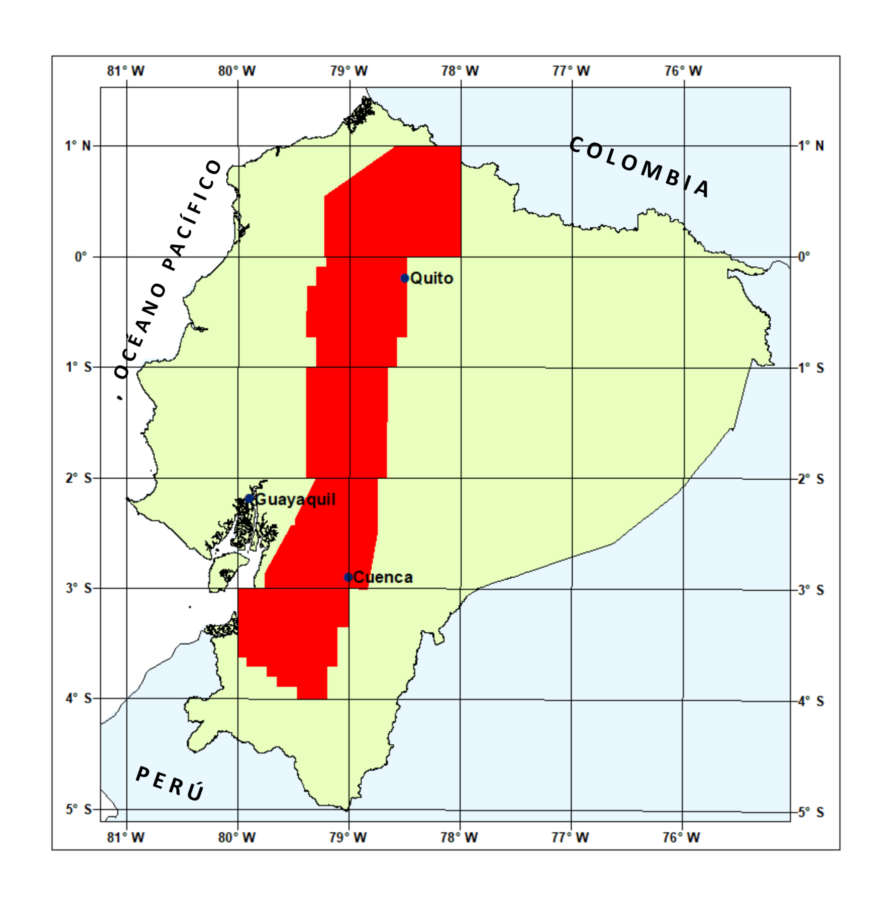


Figura 21. Gráficos de control para el Litio

ANEXO 3 DEL INFORME:

CONTROL DE CALIDAD DE DATOS GEOQUÍMICOS

GRÁFICOS DE DISPERSIÓN DE ANÁLISIS ORIGINALES Y DUPLICADOS



PROGRAMA DE INFORMACIÓN Y CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA

QUITO, 1997

Gráficos de dispersión mostrando los análisis originales vs los duplicados

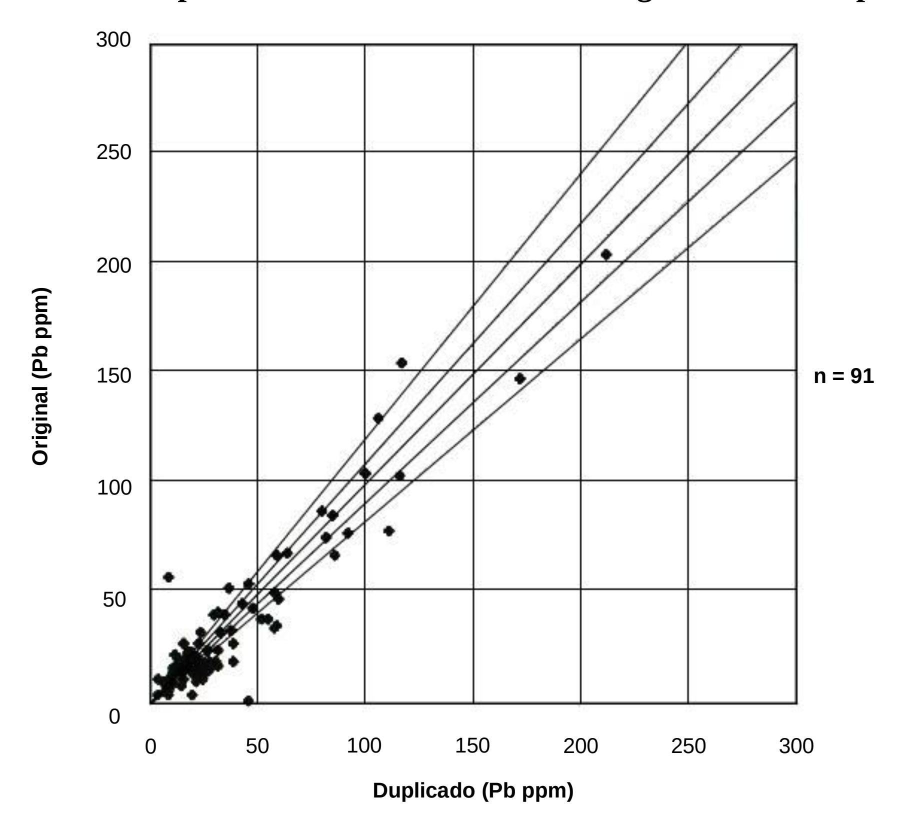


Figura 1. Plomo, análisis originales vs duplicados

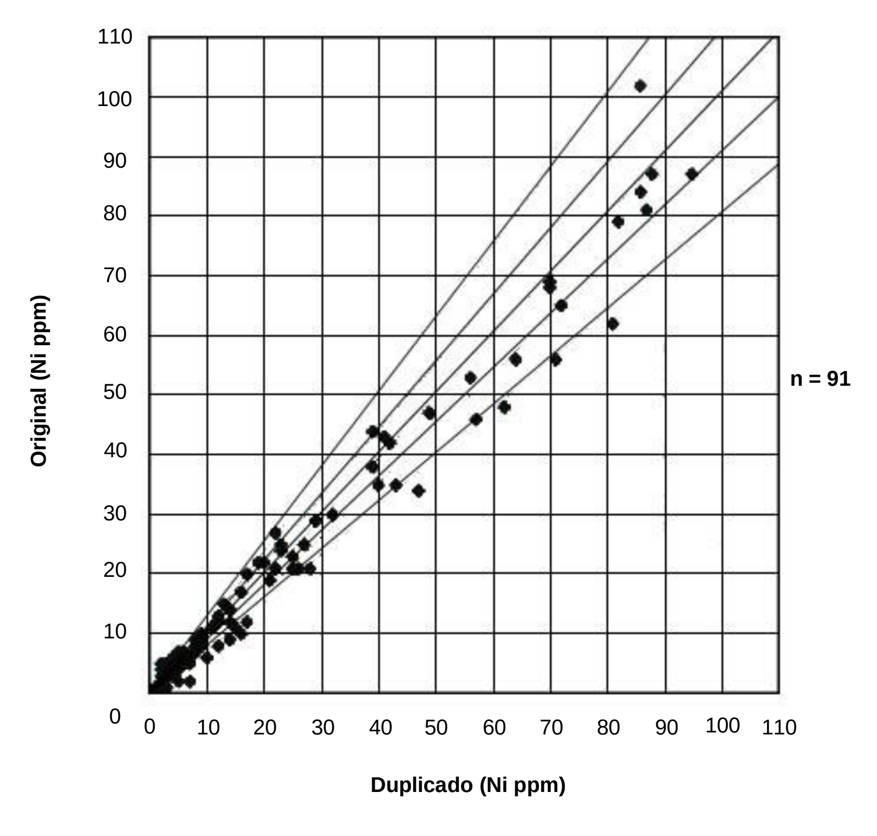


Figura 2. Níquel, análisis originales vs duplicados

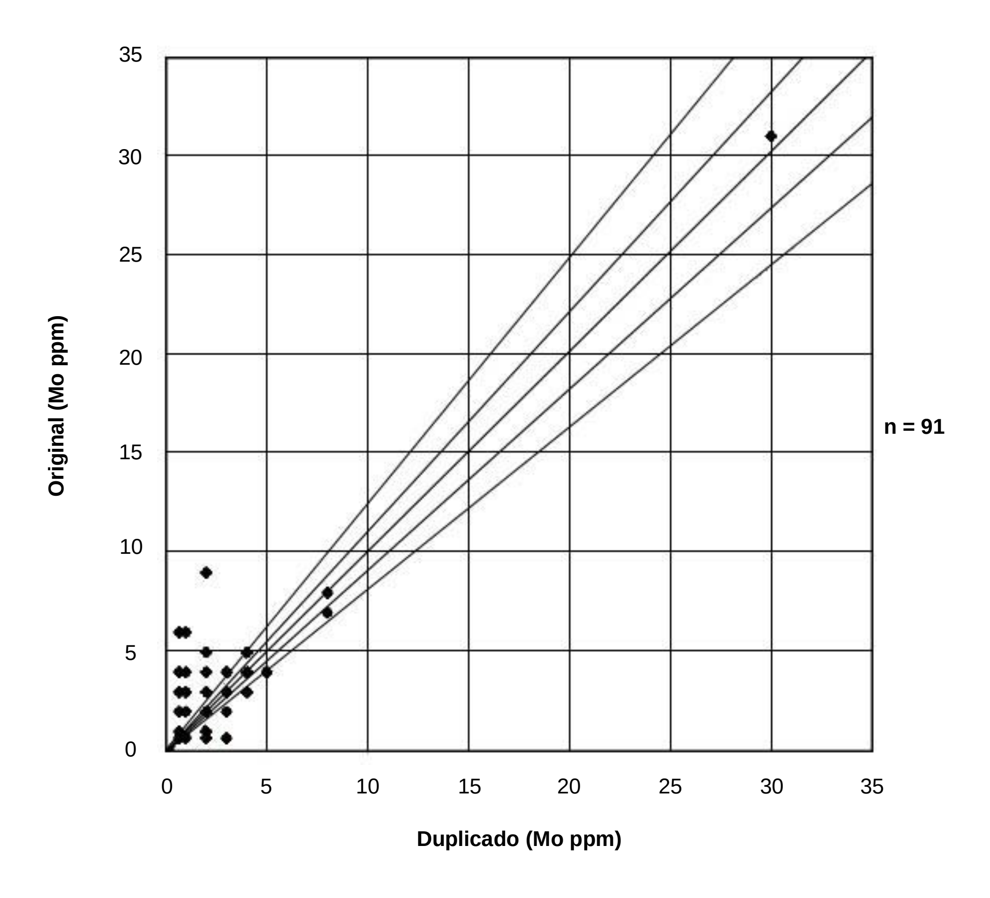


Figura 3. Molibdeno, análisis originales vs duplicados

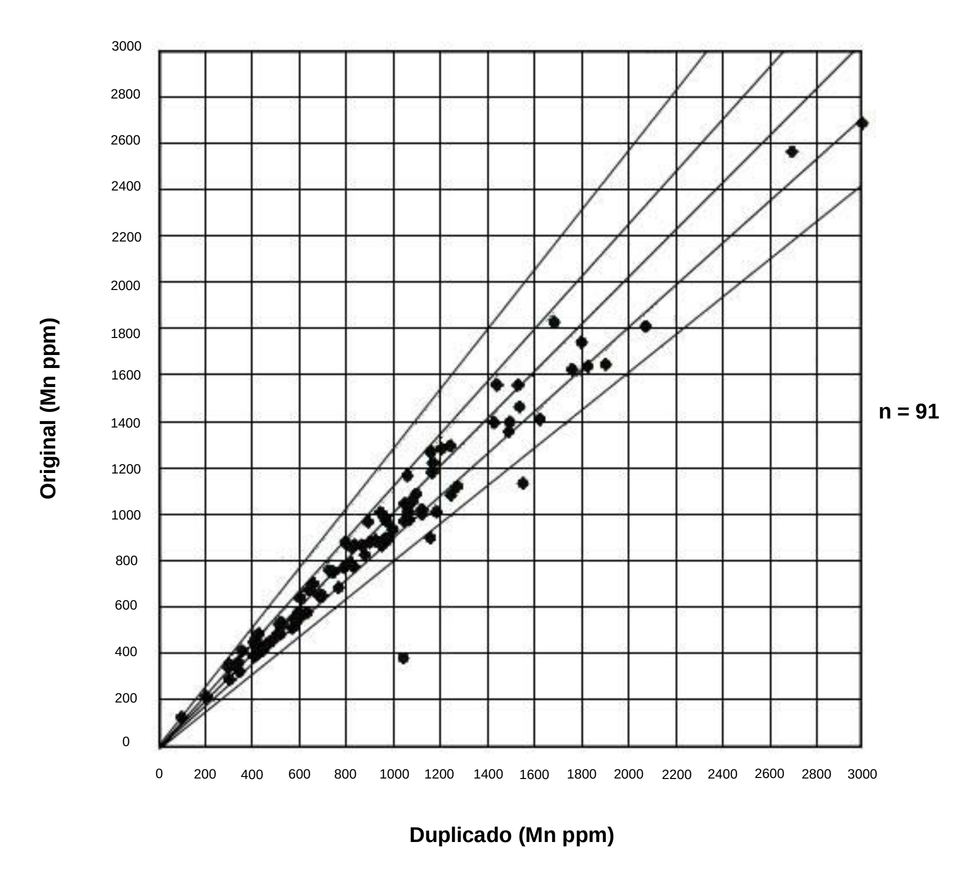


Figura 4. Manganeso, análisis originales vs duplicados

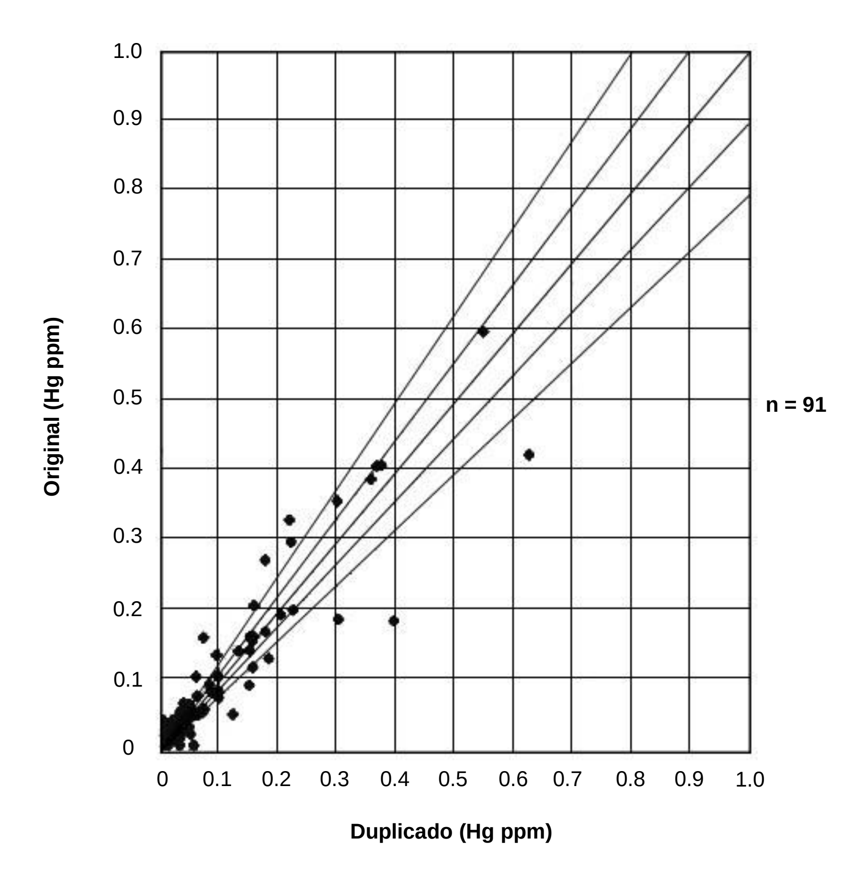


Figura 5. Mercurio, análisis originales vs duplicados

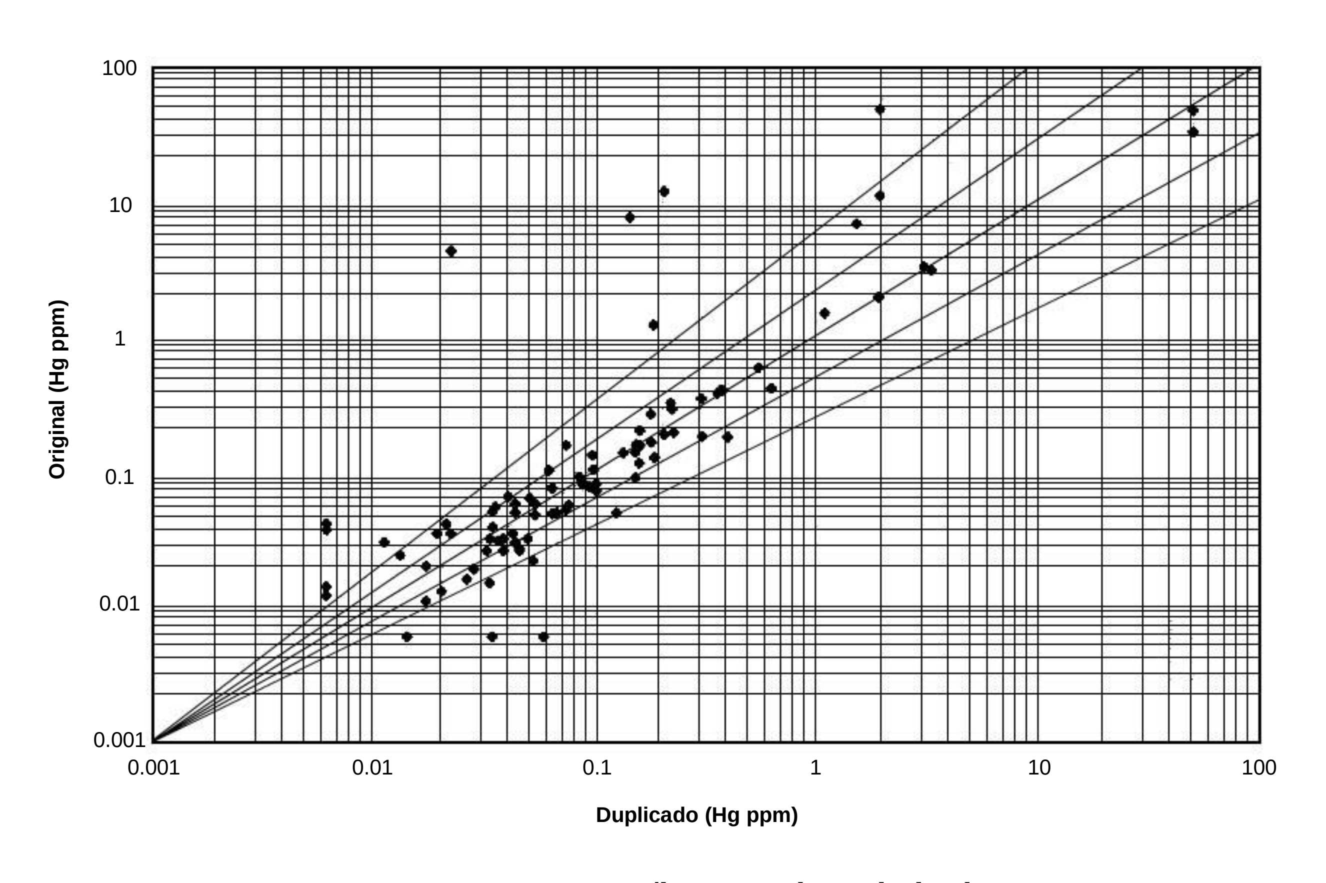


Figura 6. Mercurio, análisis originales vs duplicados

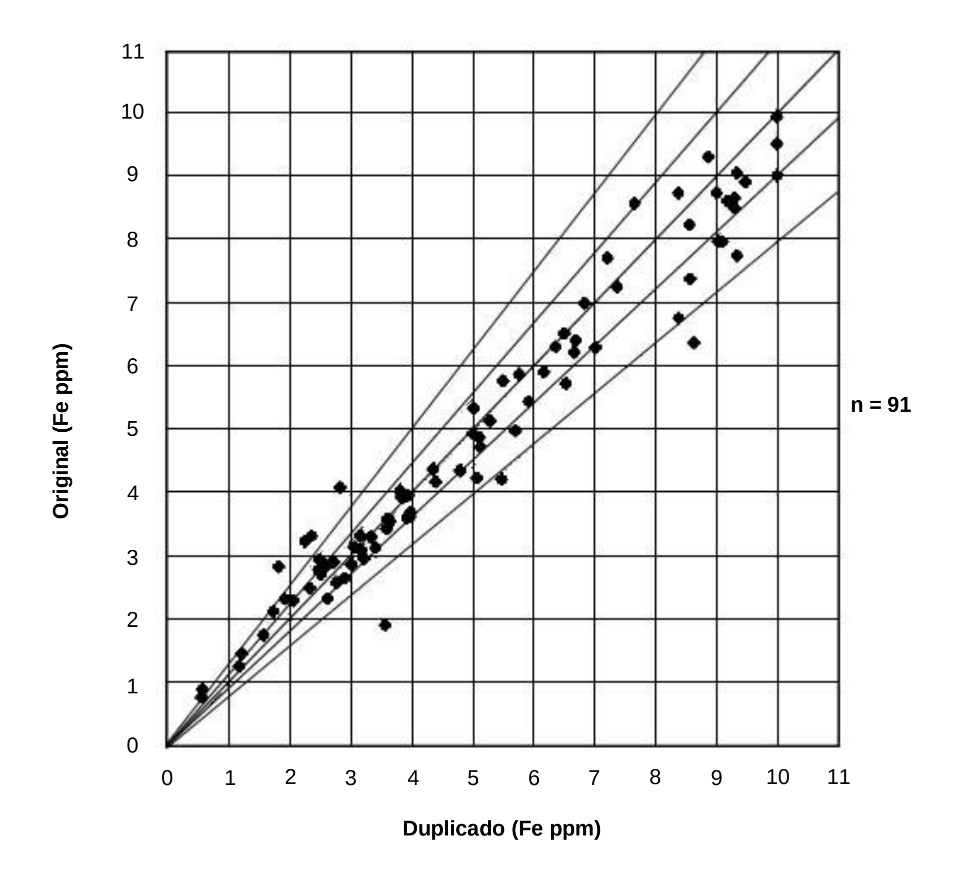


Figura 7. Hierro, análisis originales vs duplicados

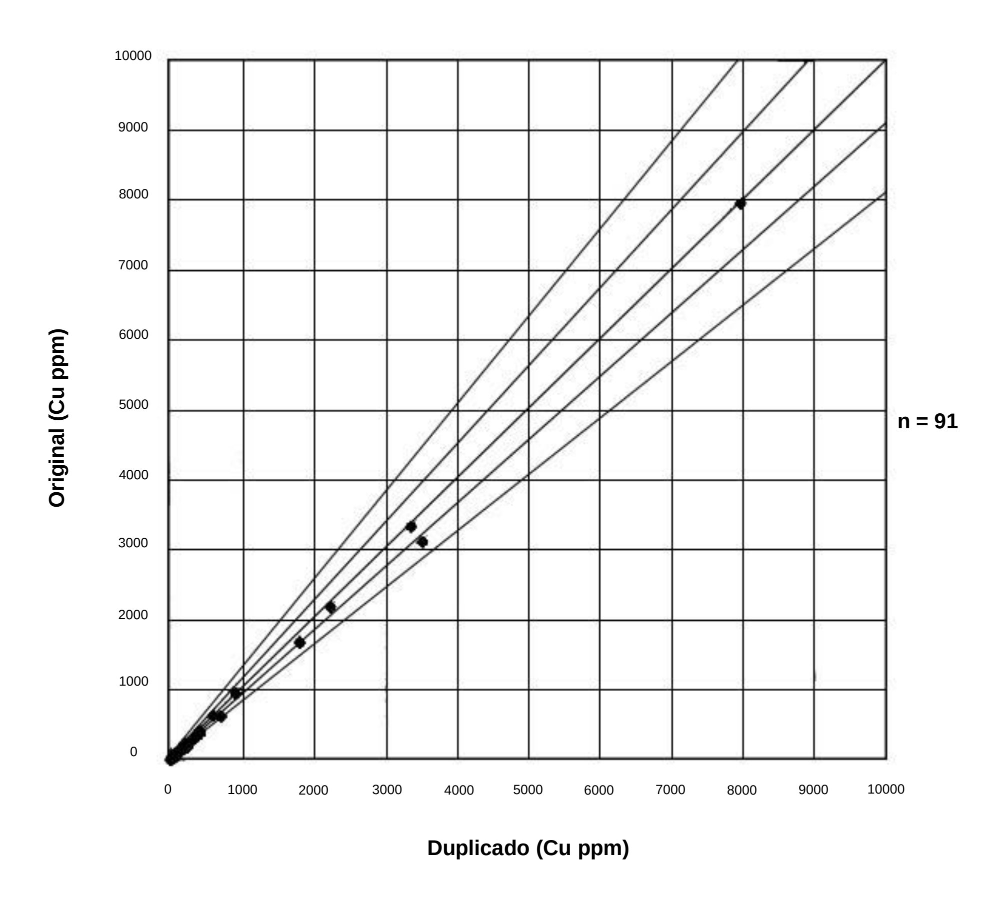


Figura 8. Cobre, análisis originales vs duplicados

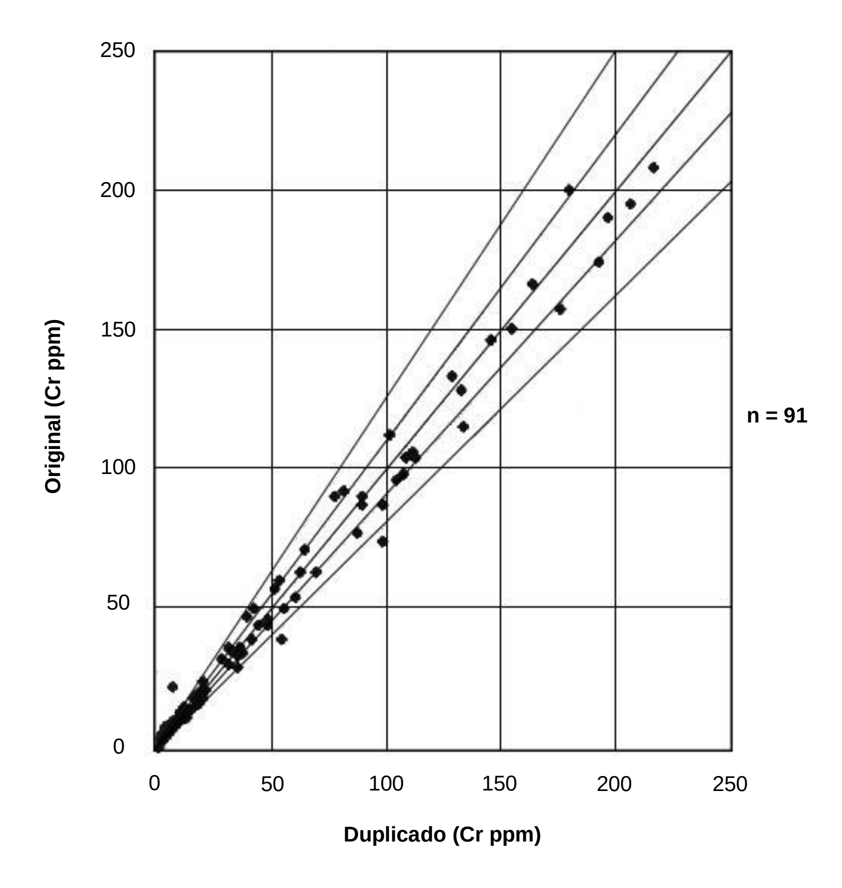


Figura 9. Cromo, análisis originales vs duplicados

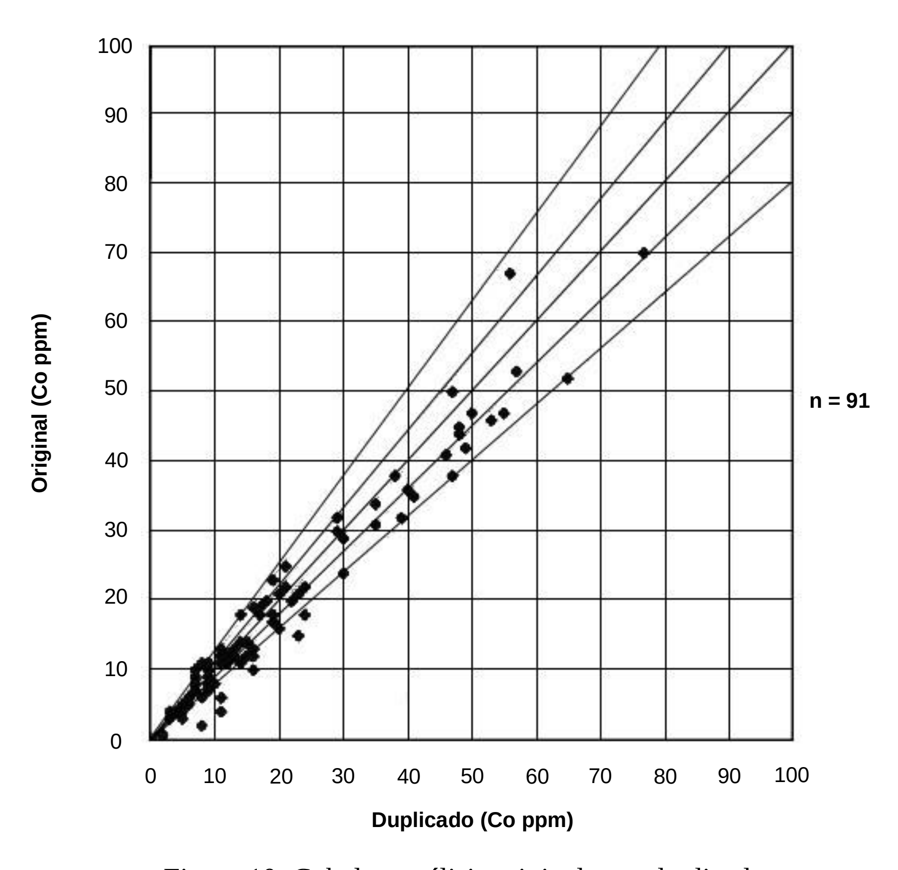


Figura 10. Cobalto, análisis originales vs duplicados

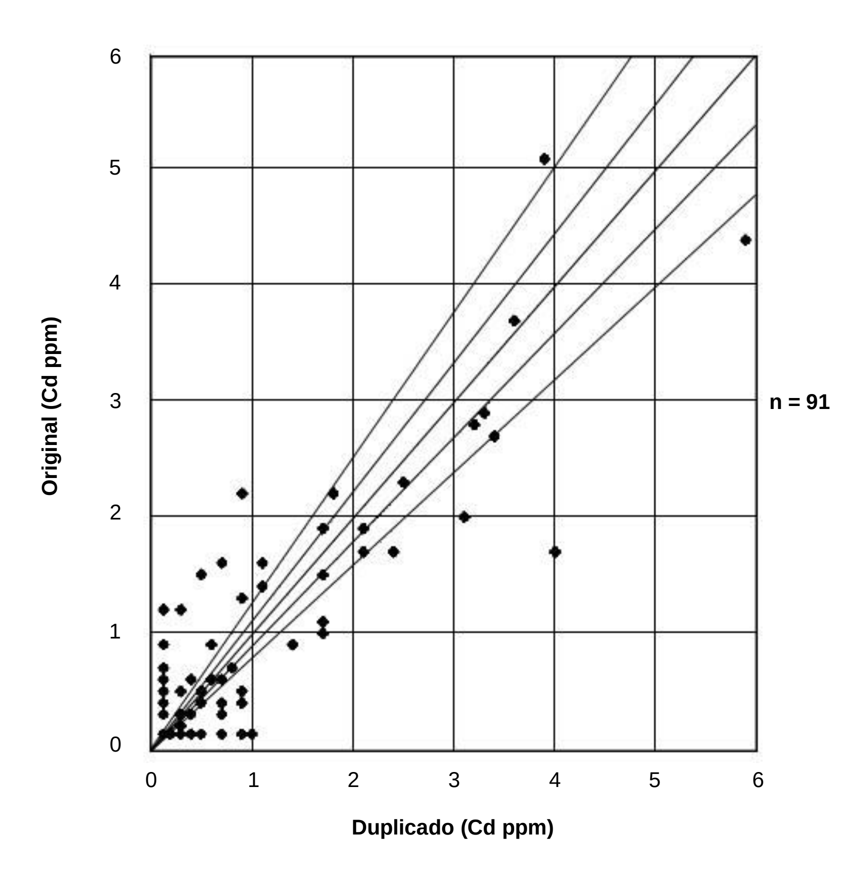


Figura 11. Cadmio, análisis originales vs duplicados

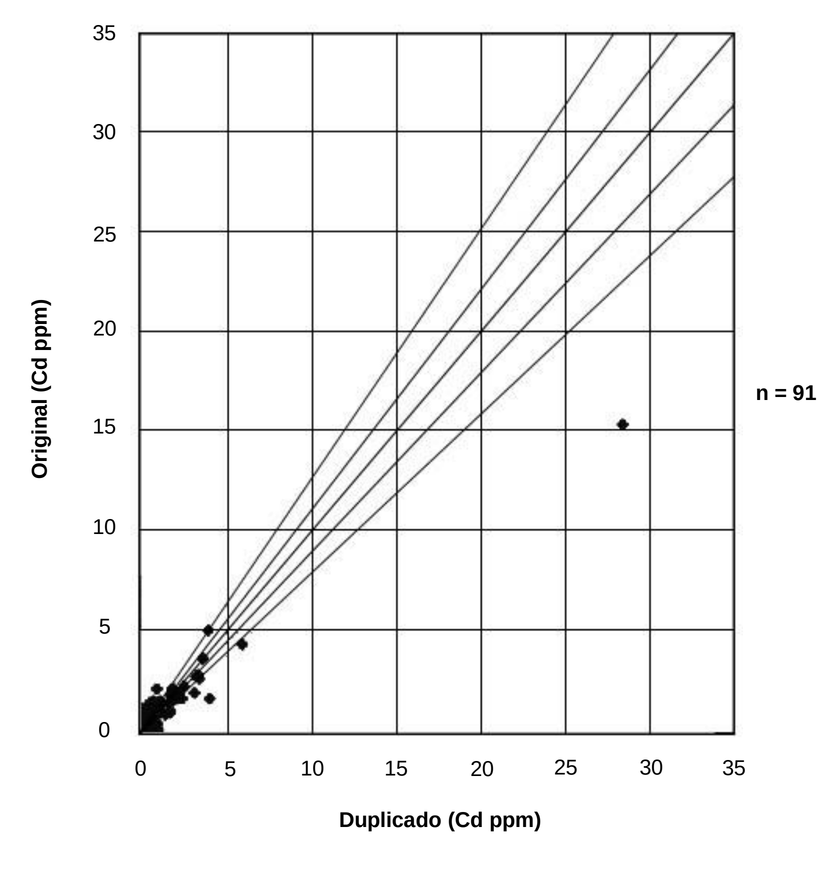


Figura 12. Cadmio, análisis originales vs duplicados

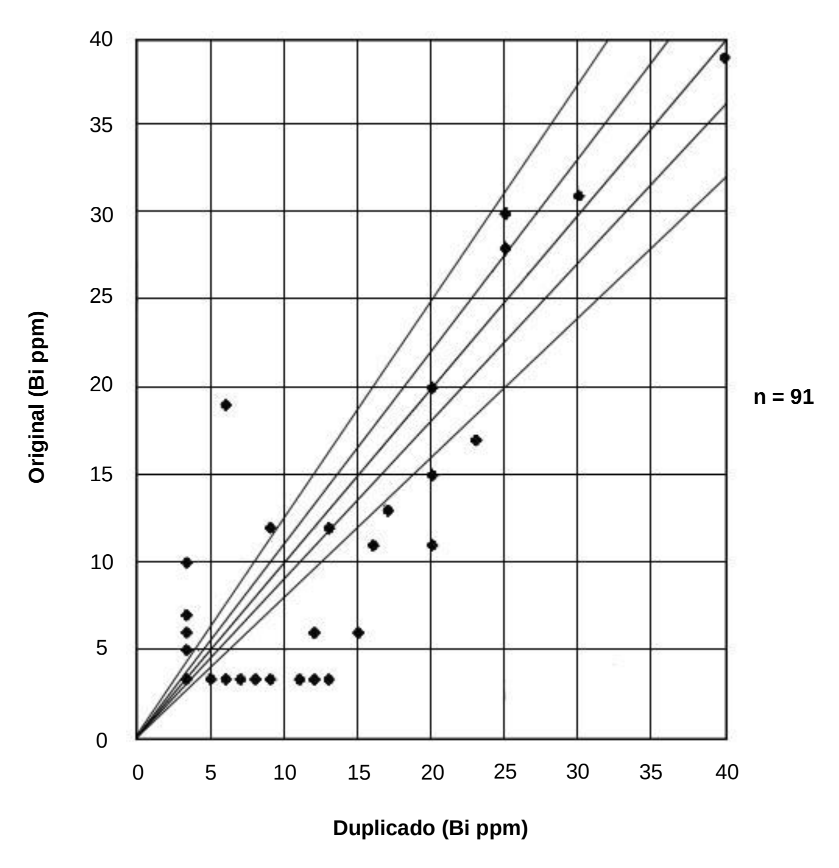


Figura 13. Bismuto, análisis originales vs duplicados

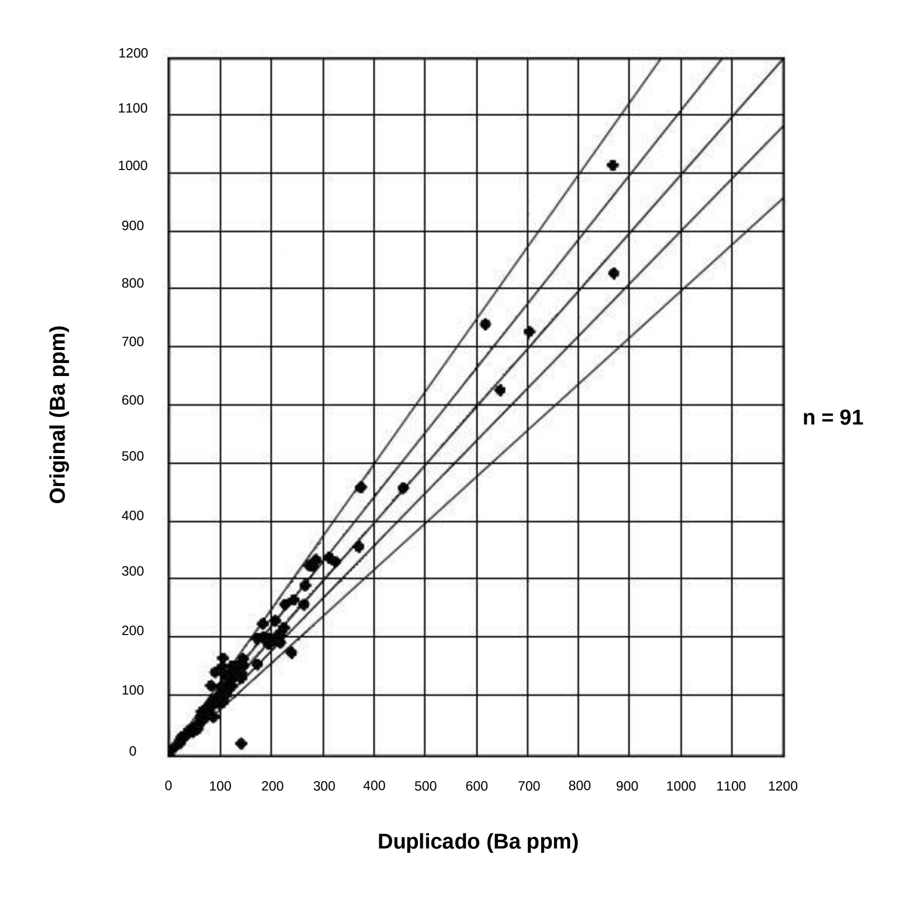


Figura 14. Bario, análisis originales vs duplicados

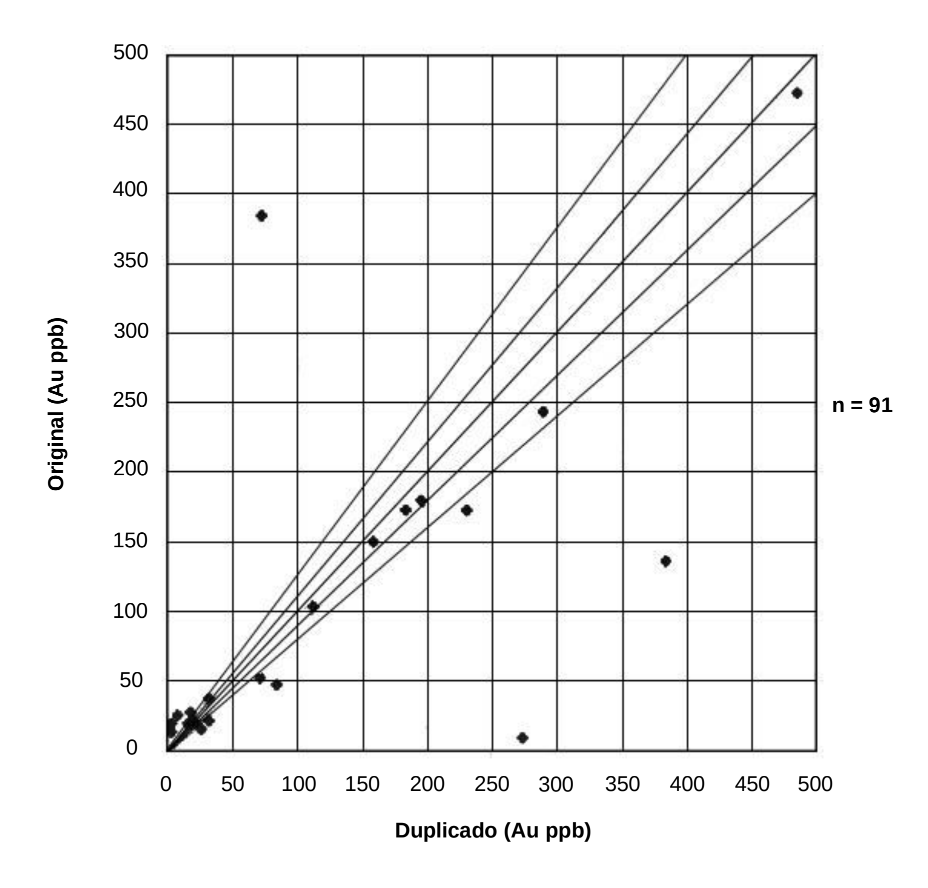


Figura 15. Oro, análisis originales vs duplicados

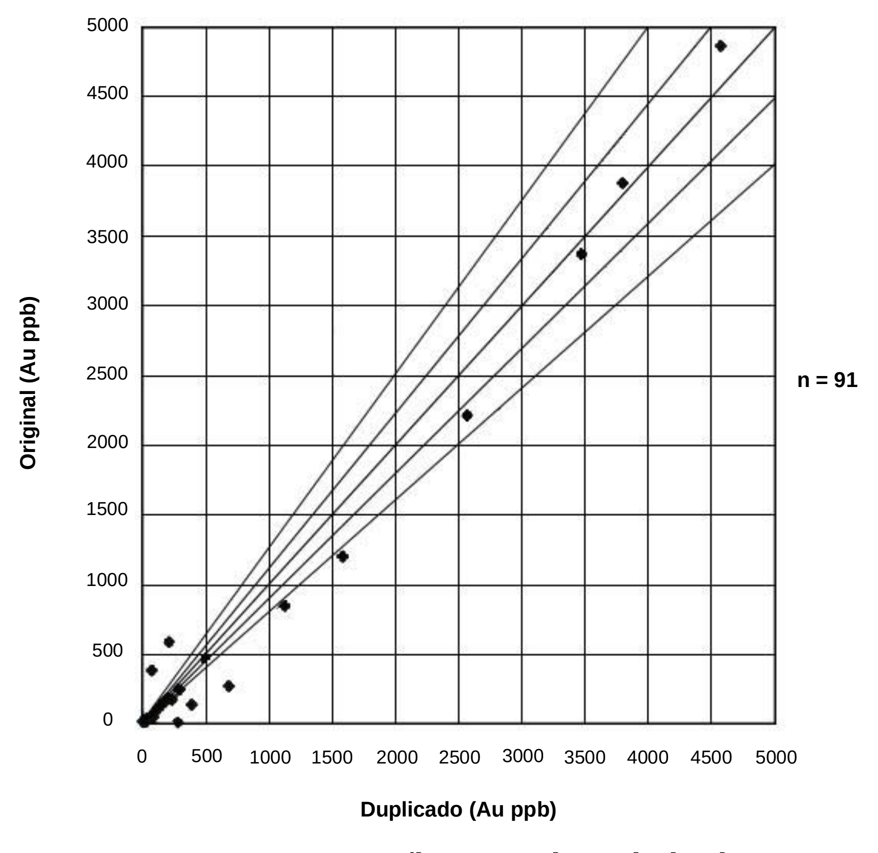


Figura 16. Oro, análisis originales vs duplicados

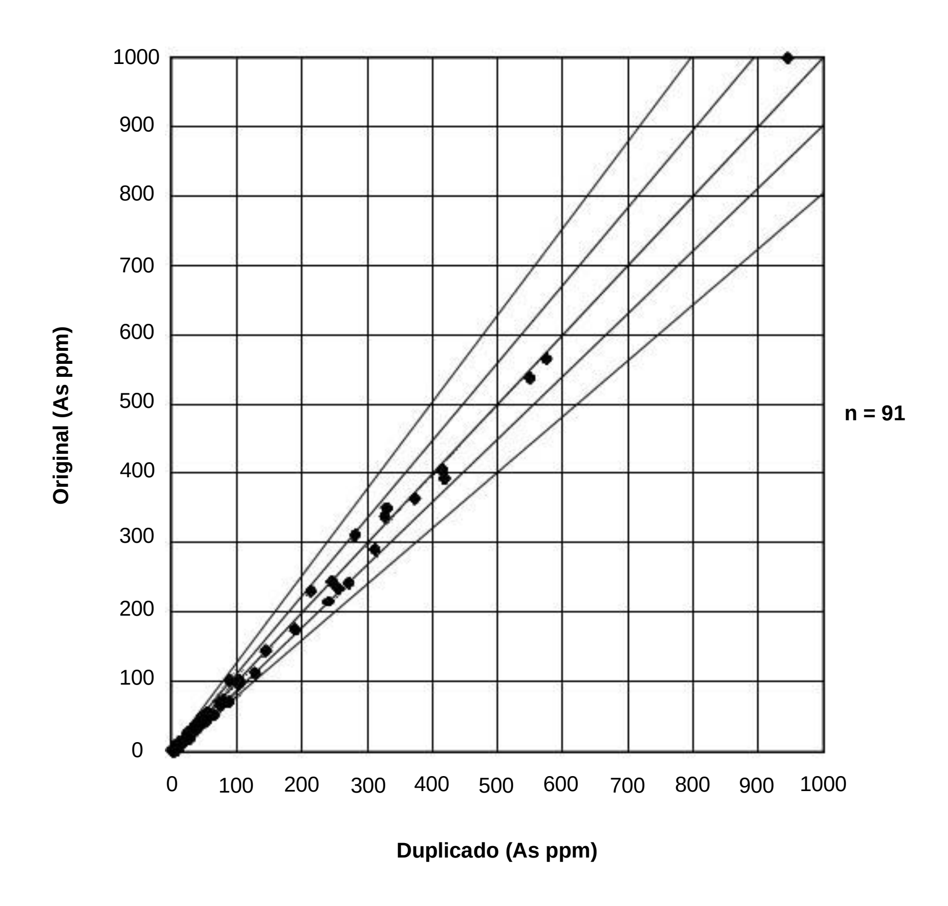


Figura 17. Arsénico, análisis originales vs duplicados

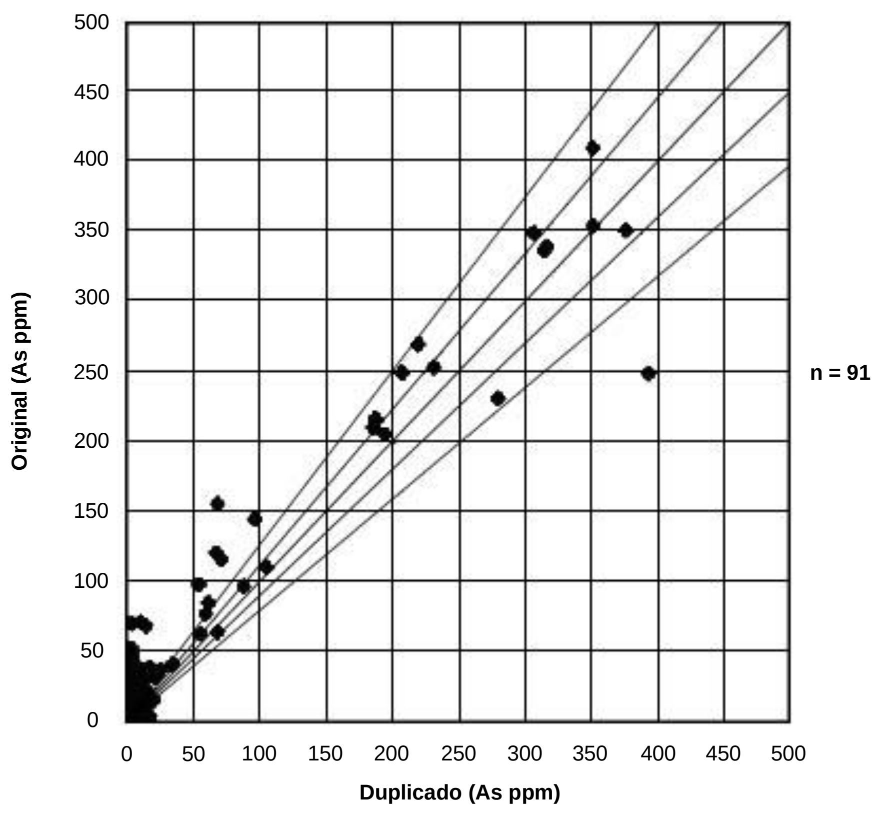


Figura 18. Arsénico, análisis originales vs duplicados (ICP)

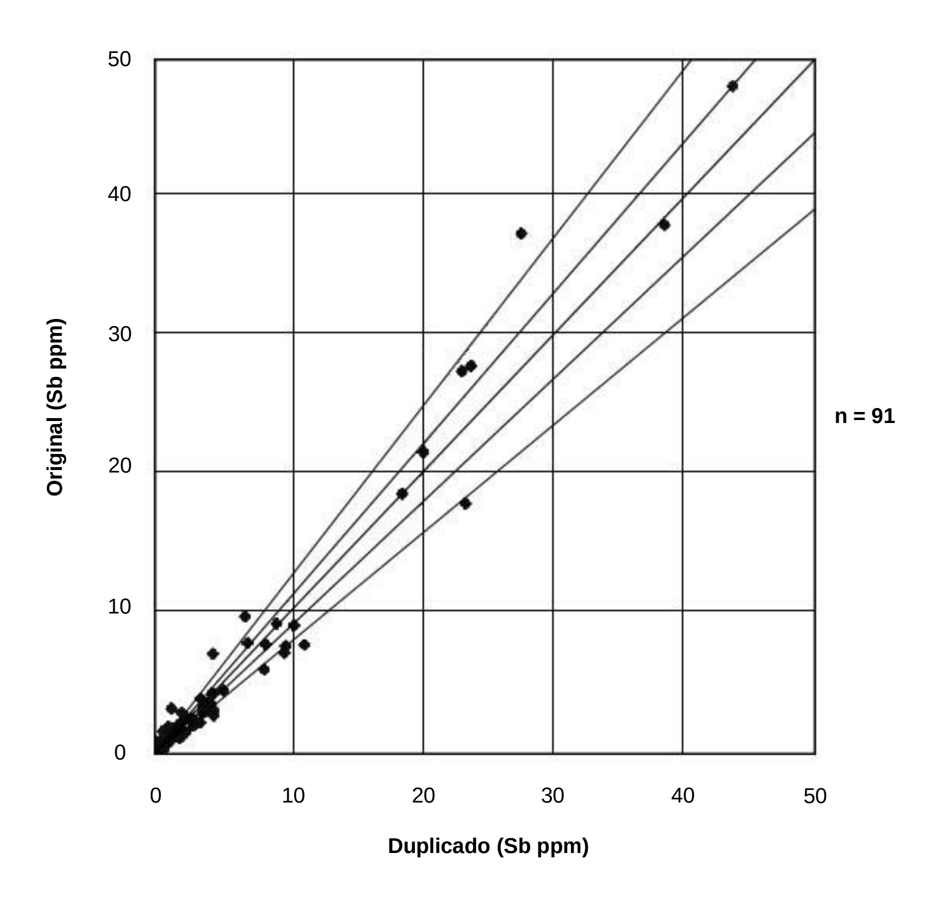


Figura 19. Antimonio, análisis originales vs duplicados

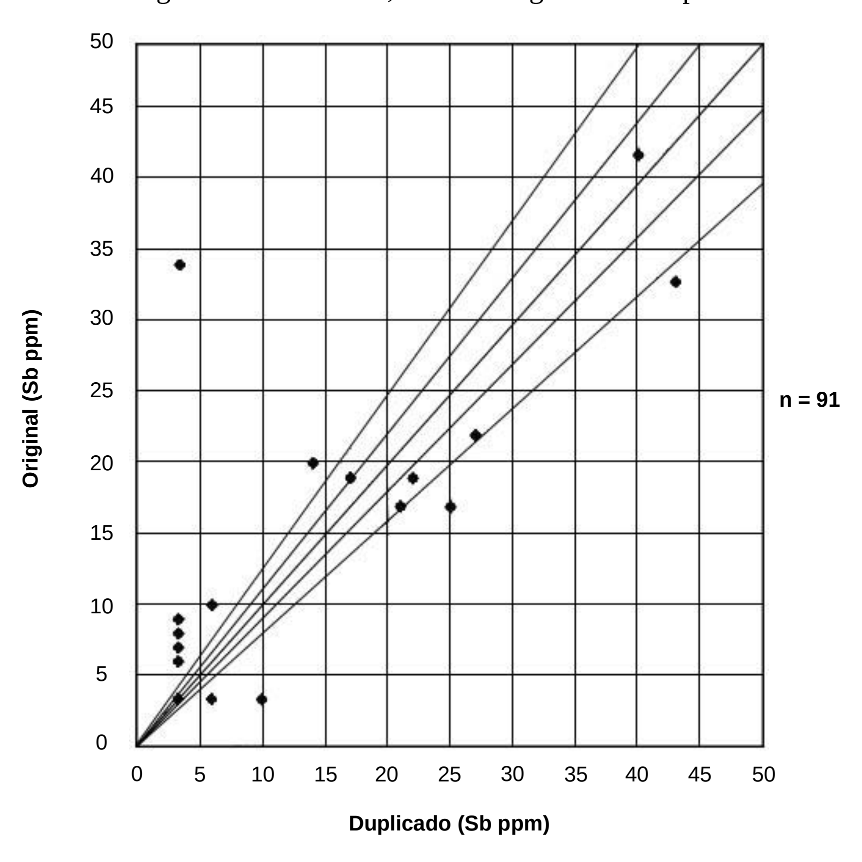


Figura 20. Antimonio, análisis originales vs duplicados (ICP)

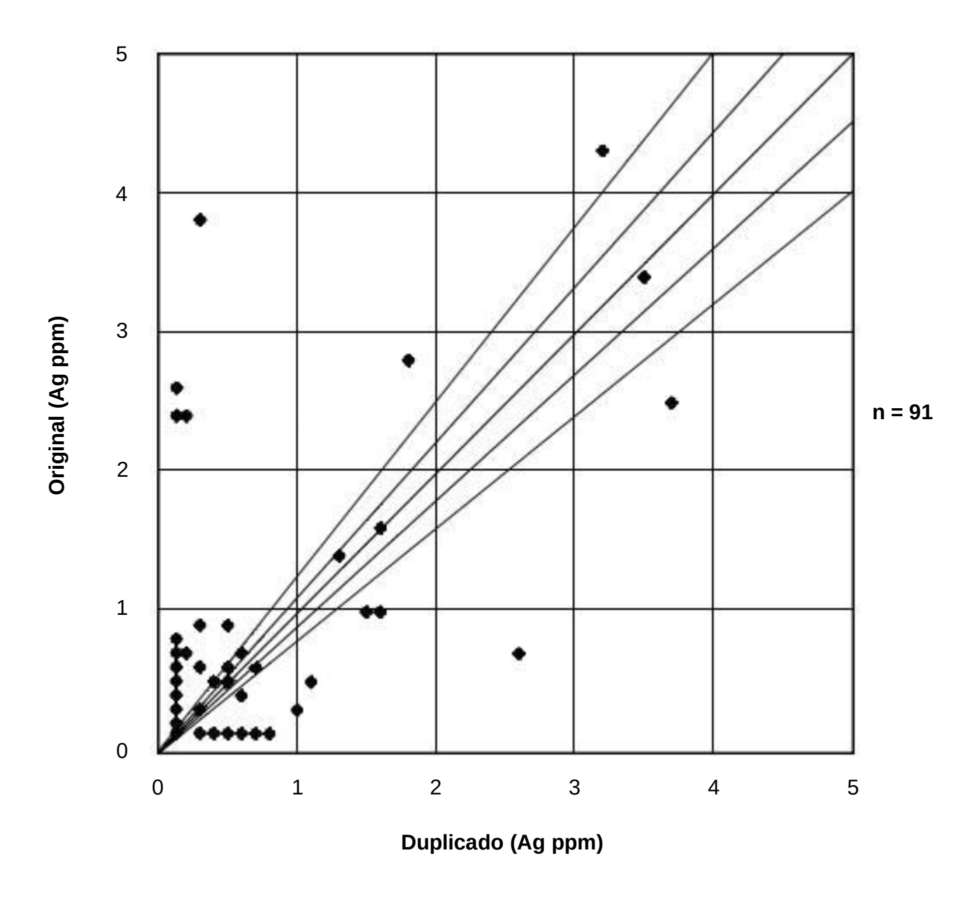


Figura 21. Plata, análisis originales vs duplicados

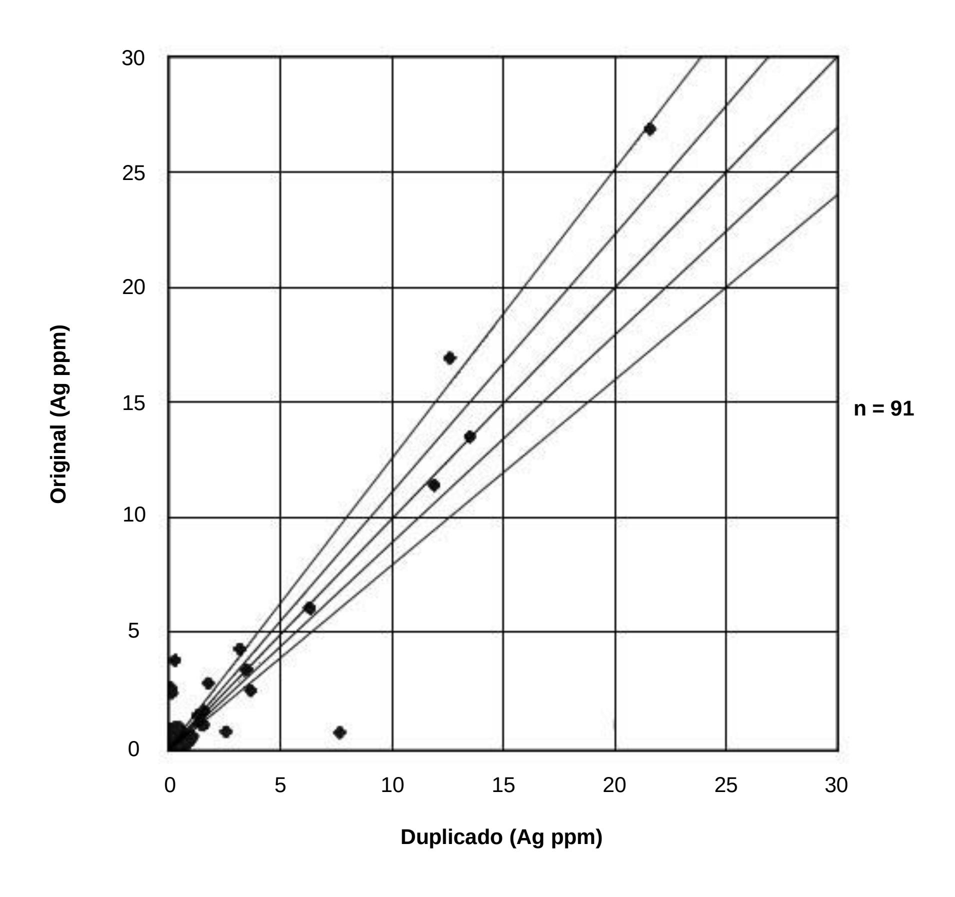


Figura 22. Plata, análisis originales vs duplicados

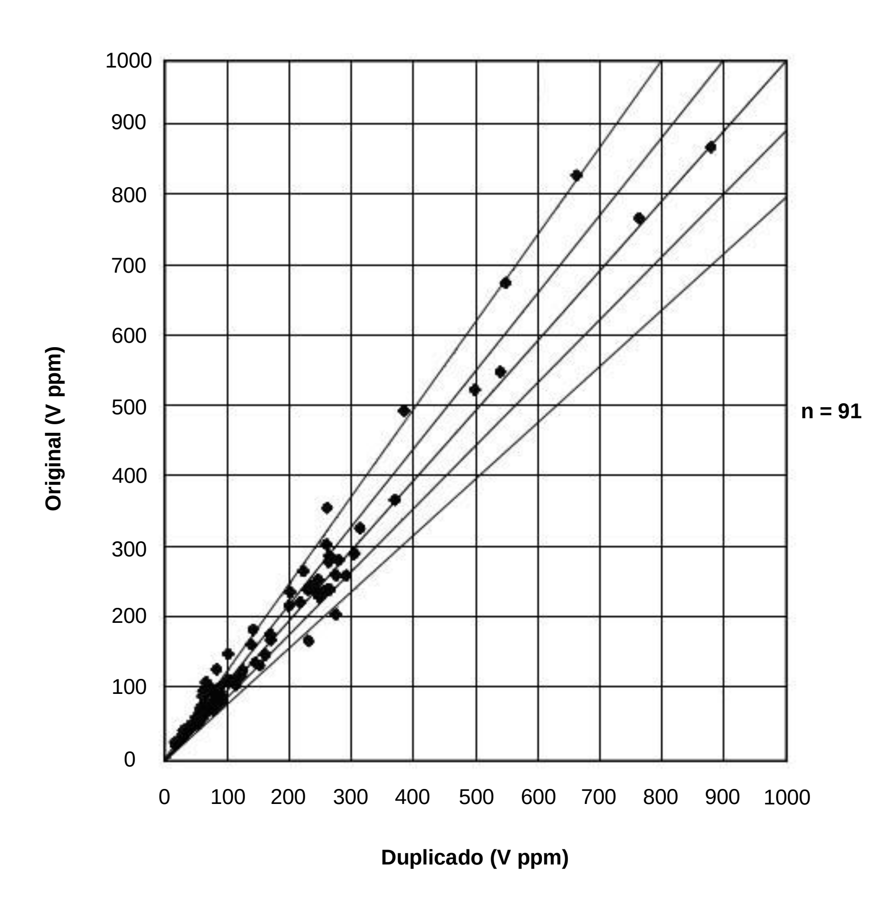


Figura 23. Vanadio, análisis originales vs duplicados

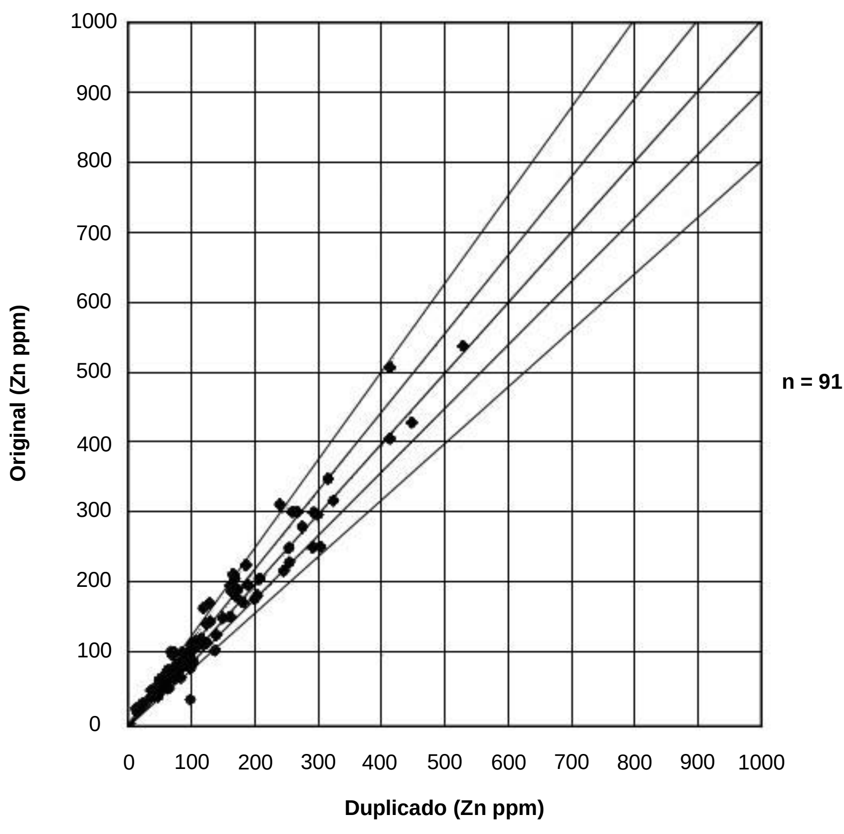


Figura 24. Zinc, análisis originales vs duplicados

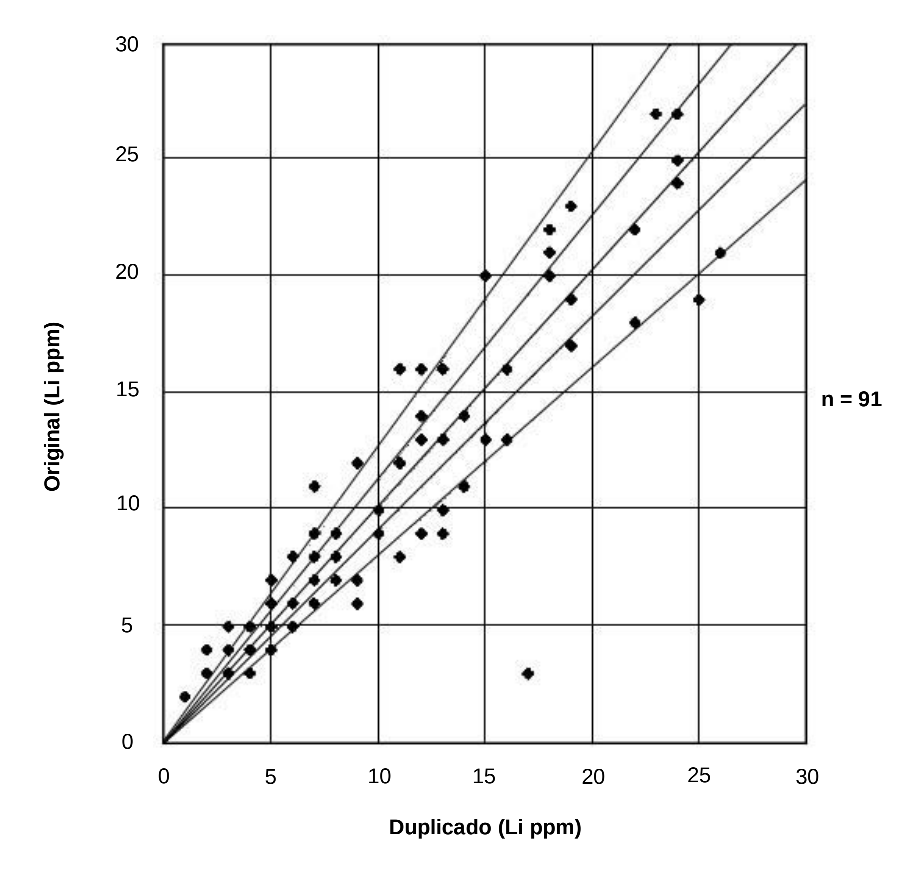
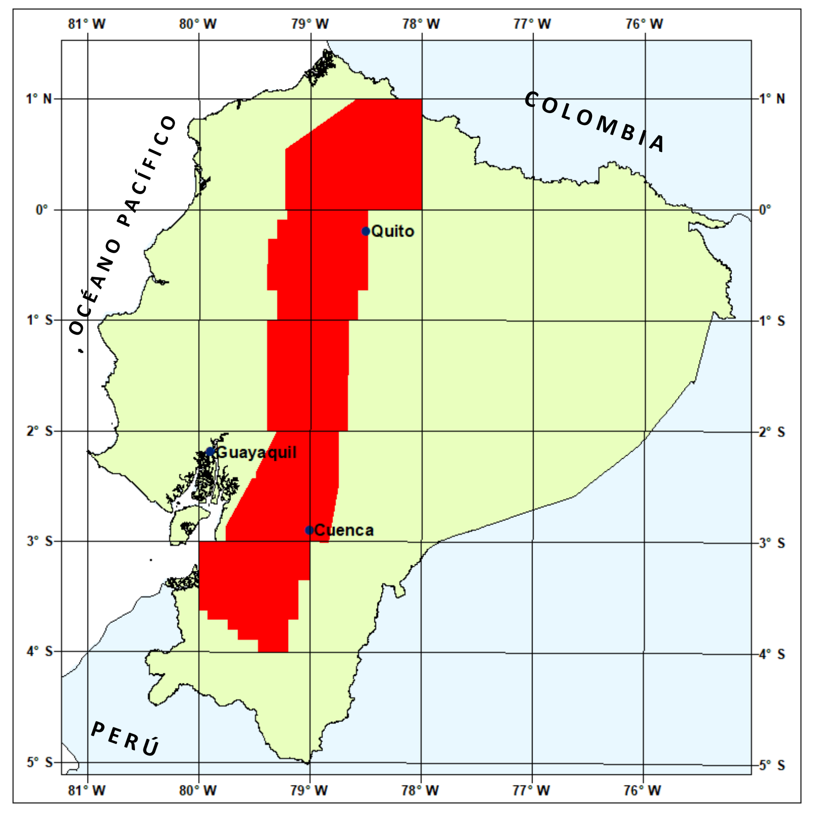


Figura 25. Litio, análisis originales vs duplicados

ANEXO 4 DEL INFORME:

CONTROL DE CALIDAD DE DATOS GEOQUÍMICOS

GRÁFICOS DE CONTROL PRECISIÓN DE THOMPSON Y HOWARTH (1978)



PROGRAMA DE INFORMACIÓN Y CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA

QUITO, 1997

Gráficos de control de precisión tipo Thompson y Howarth.

Análisis del primer año.

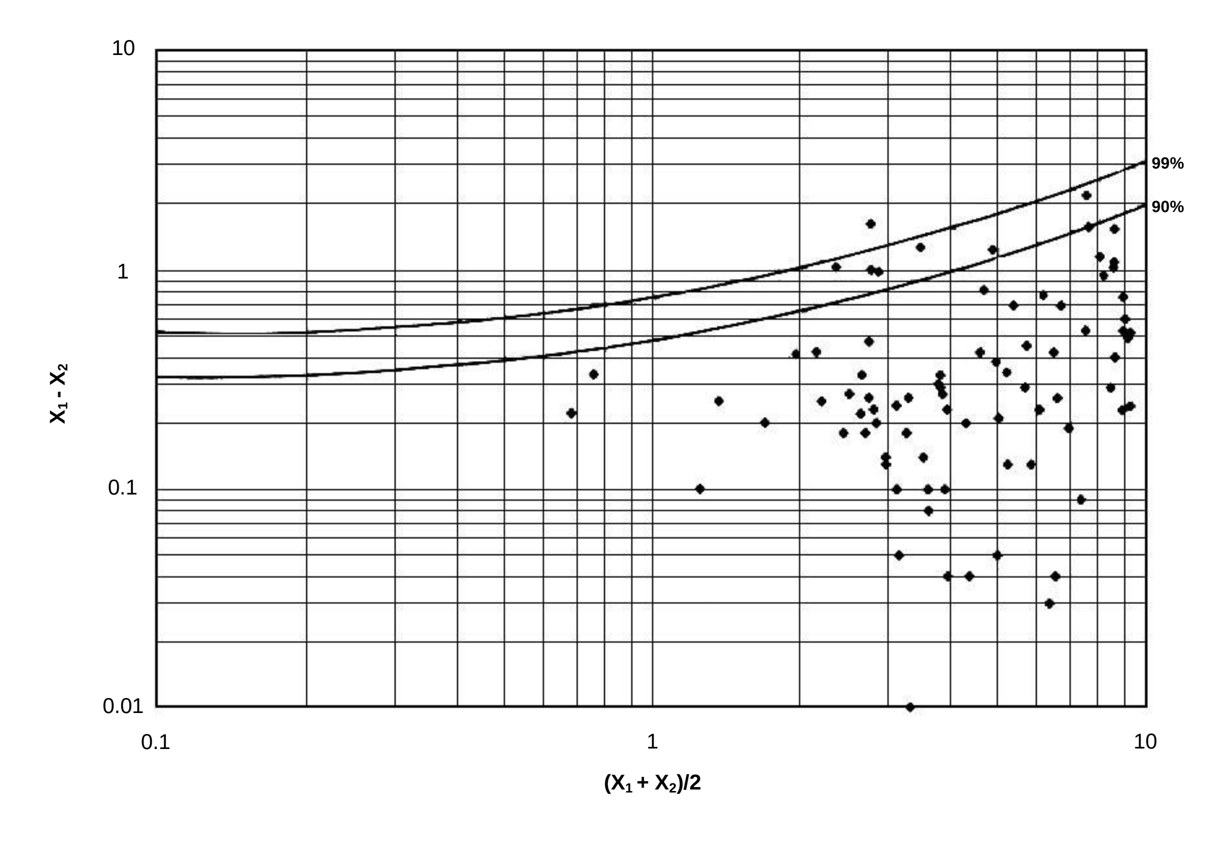


Figura 1. Hierro, análisis duplicados. Precisión = 15%, DL = 0.3%

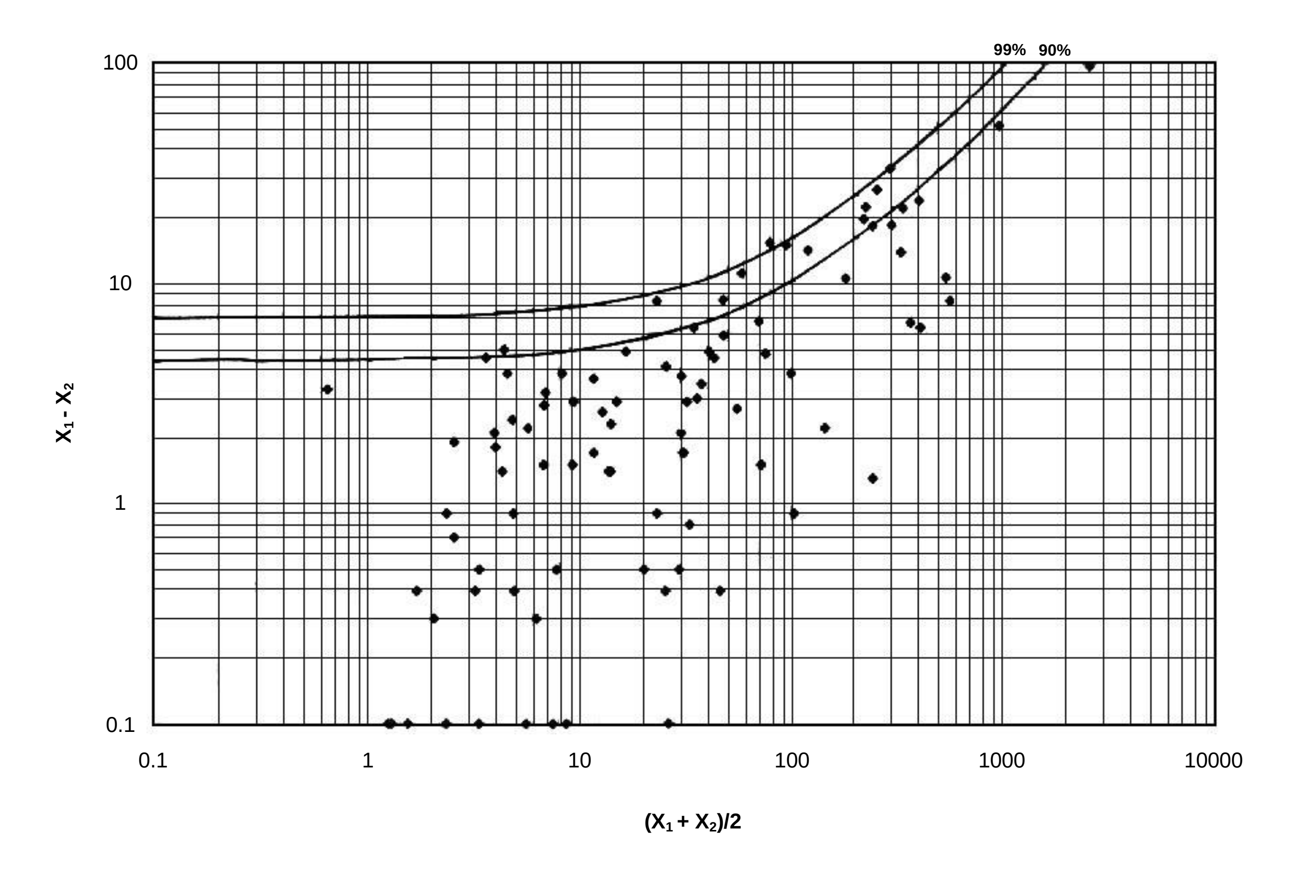


Figura 2. Arsénico, análisis duplicados. Precisión = 5%, DL = 4 ppm

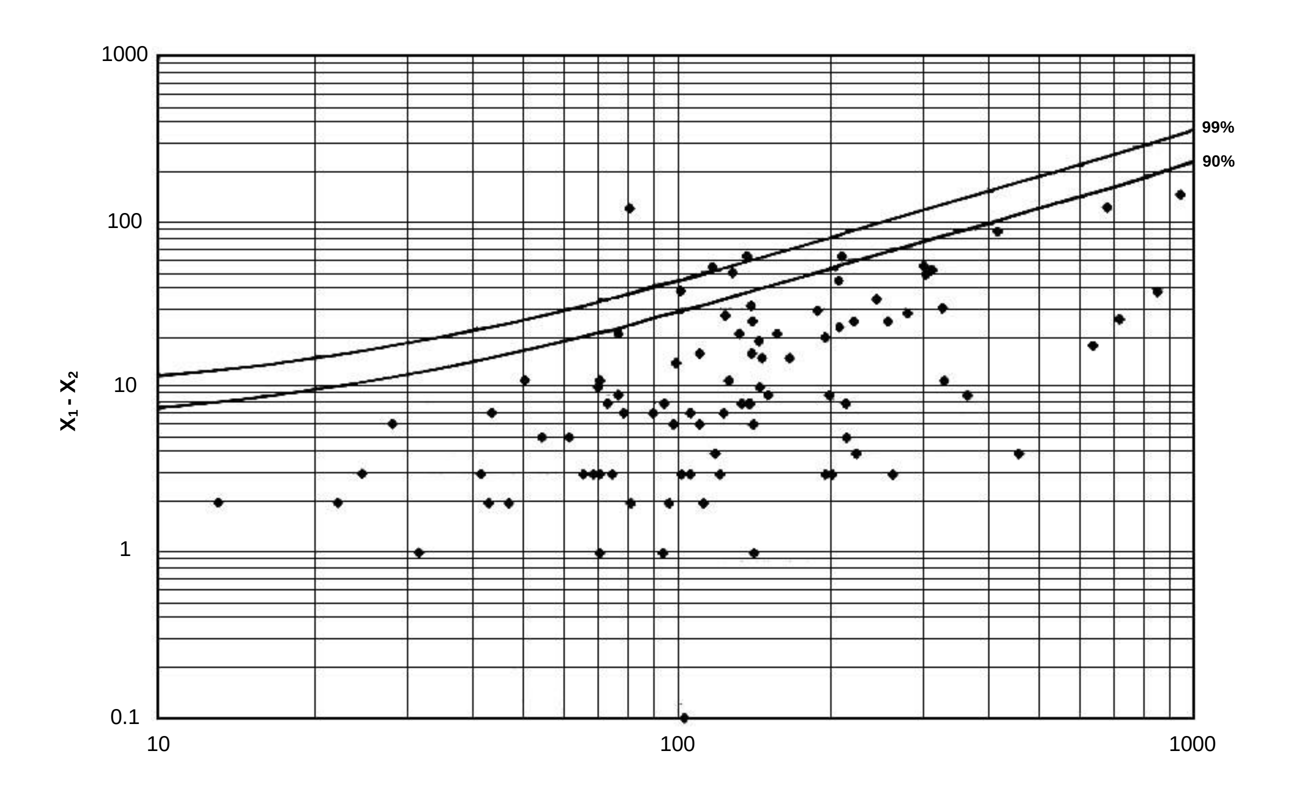


Figura 3. Bario, análisis duplicados. Precisión = 20%, DL = 5.4 ppm

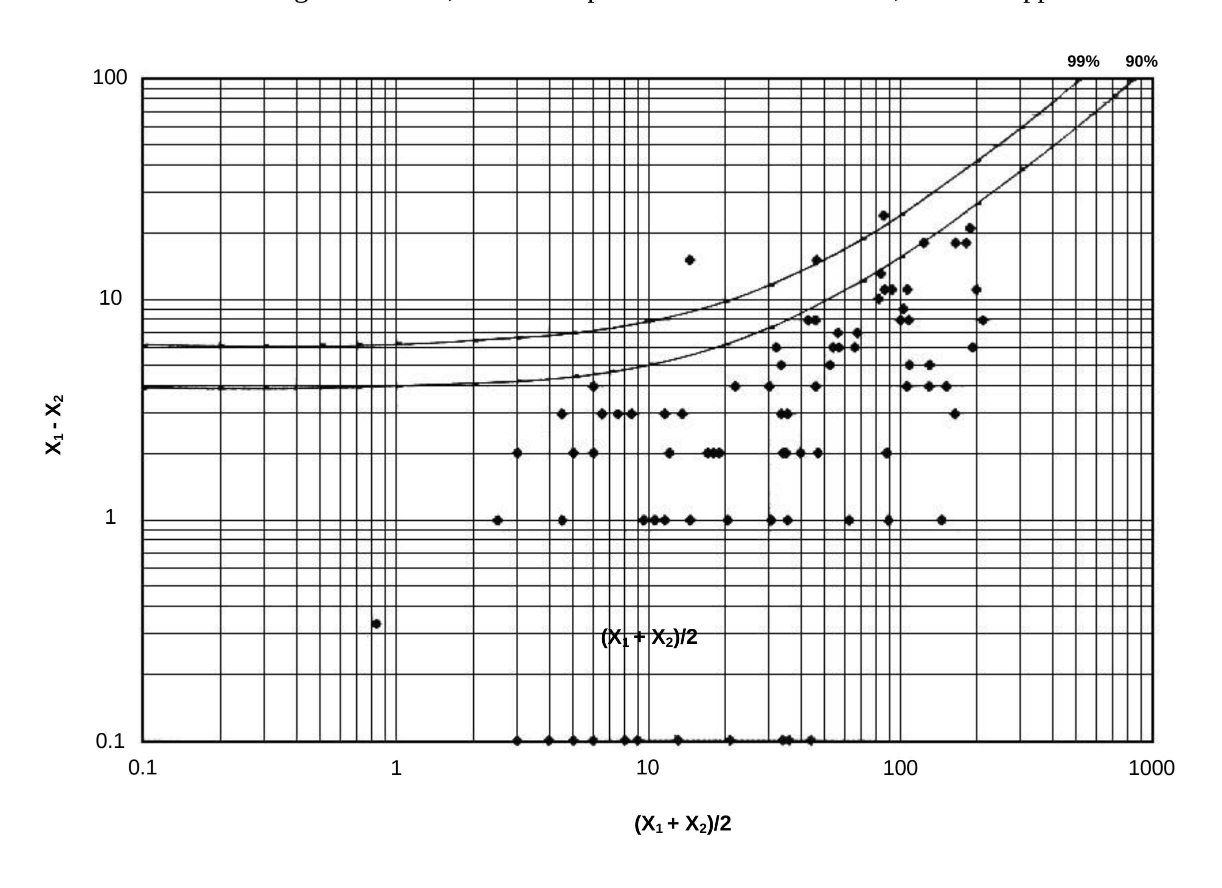


Figura 4. Cromo, análisis duplicados. Precisión = 10%, DL = 3.7 ppm

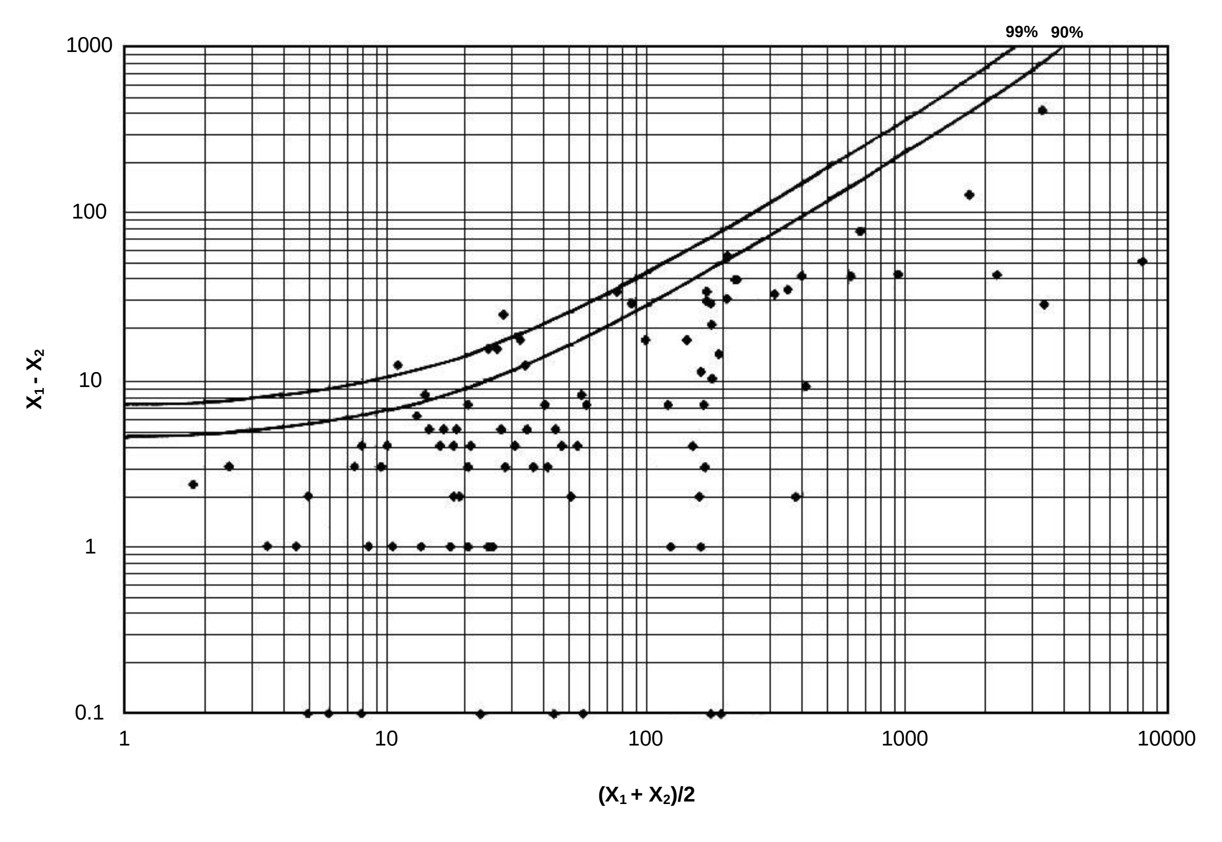


Figura 5. Cobre, análisis duplicados. Precisión = 20%, DL = 4.5 ppm

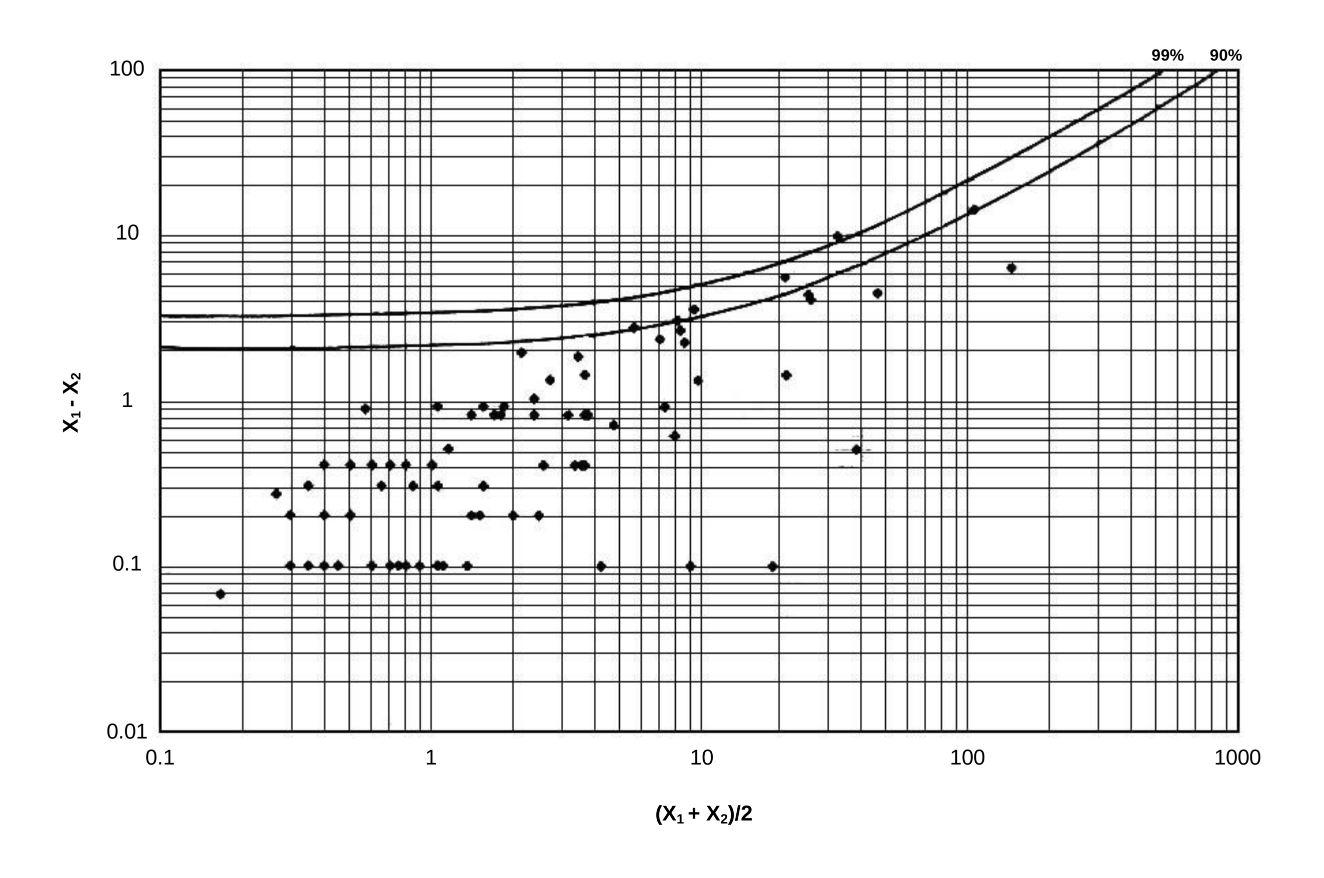


Figura 6. Antimonio, análisis duplicados. Precisión = 10%, DL = 1.9 ppm

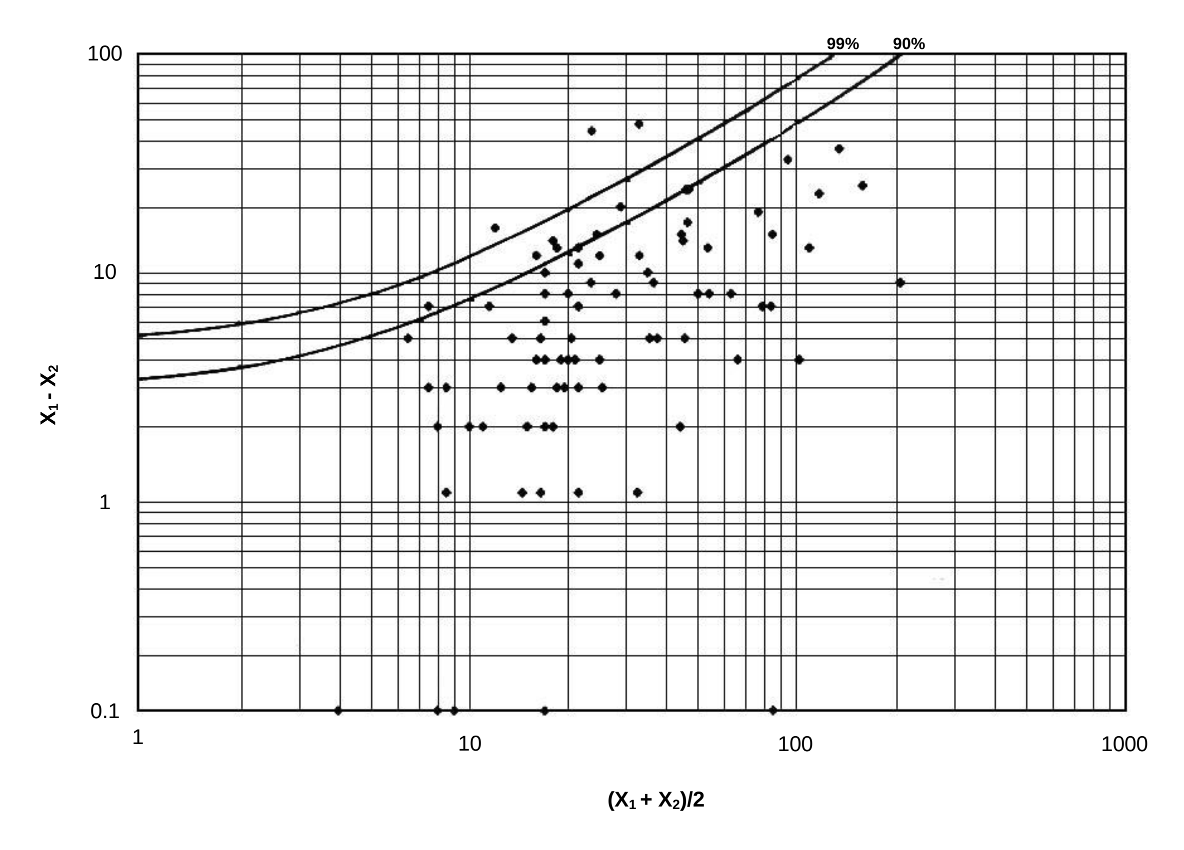


Figura 7. Plomo, análisis duplicados. Precisión = 40%, DL = 4 ppm

100
10
1
0.1
99%
90%
$X_1 - X_2$
1
10
100
$(X_1 + X_2)/2$

Figura 8. Litio, análisis duplicados. Precisión = 15%, DL = 1.2 ppm

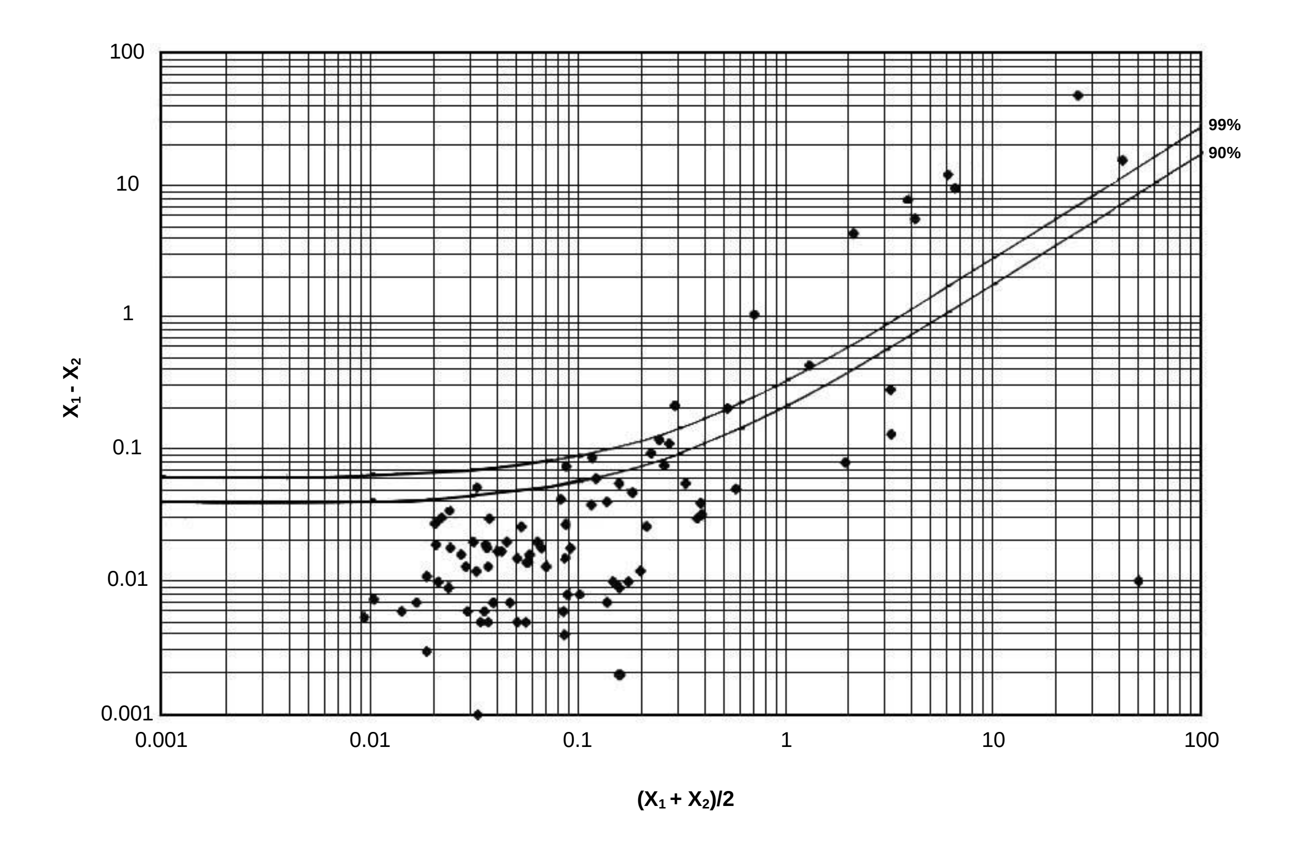


Figura 9. Mercurio, análisis duplicados. Precisión = 15%, DL = 0.04 ppm

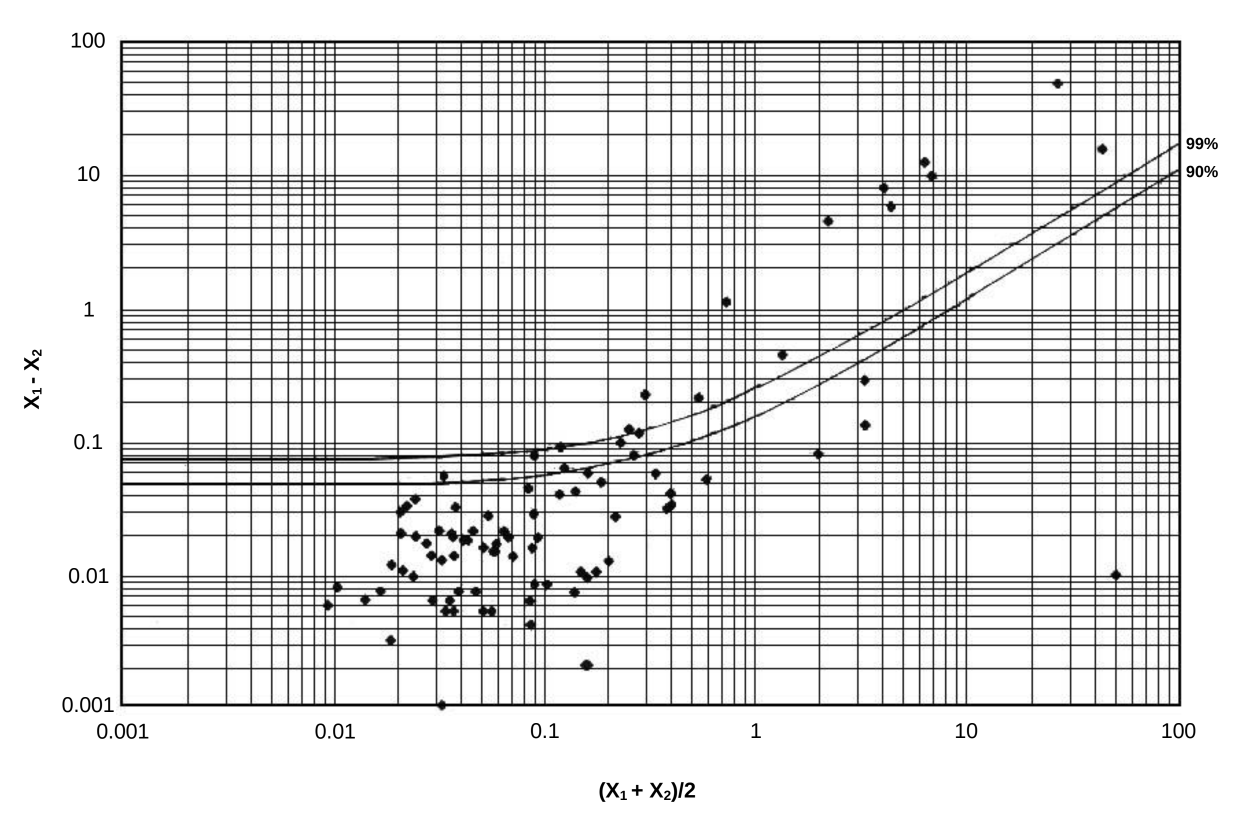


Figura 10. Mercurio, análisis duplicados. Precisión = 10%, DL = 0.04 ppm

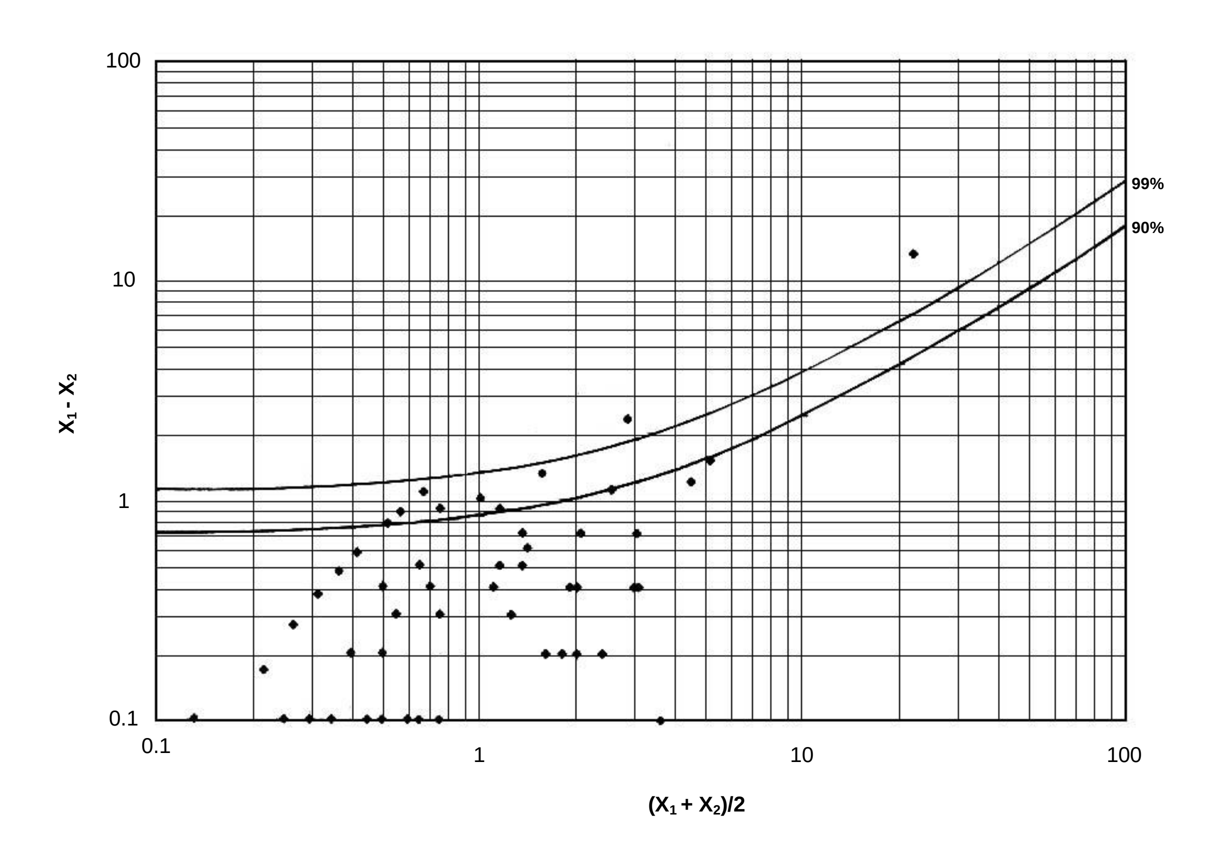


Figura 11. Cadmio, análisis duplicados. Precisión = 15%, DL = 0.67 ppm

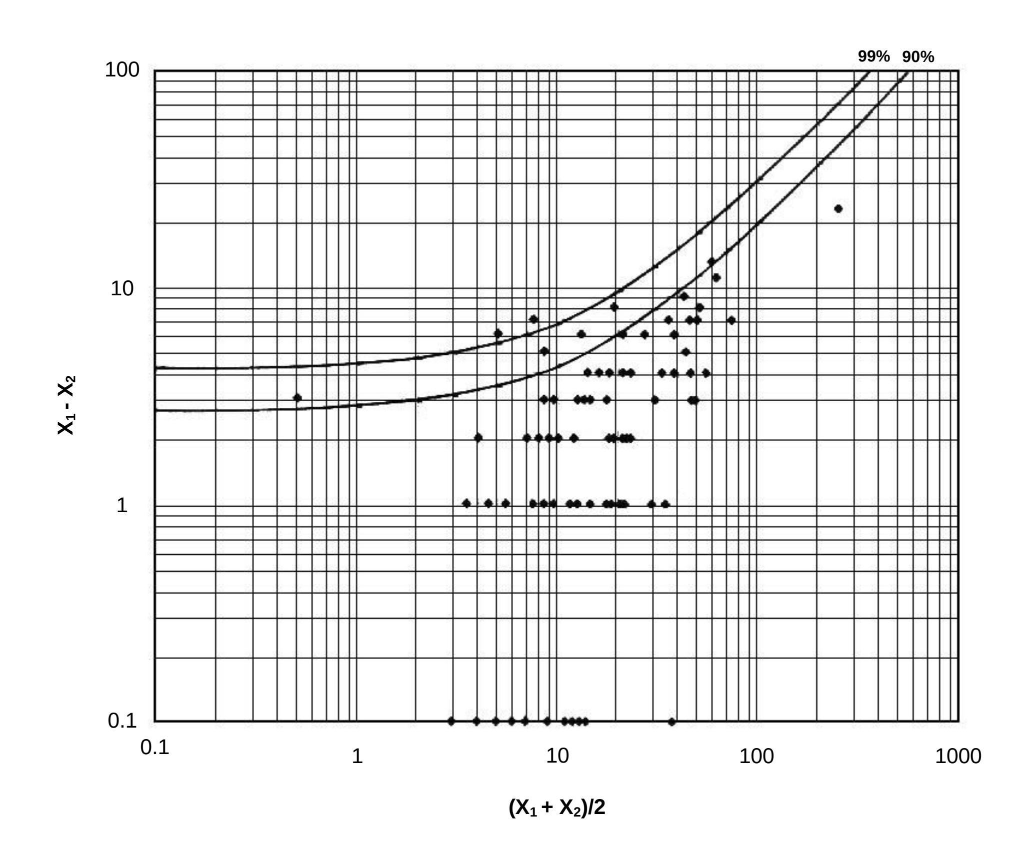


Figura 12. Cobalto, análisis duplicados. Precisión = 15%, DL = 2.6 ppm

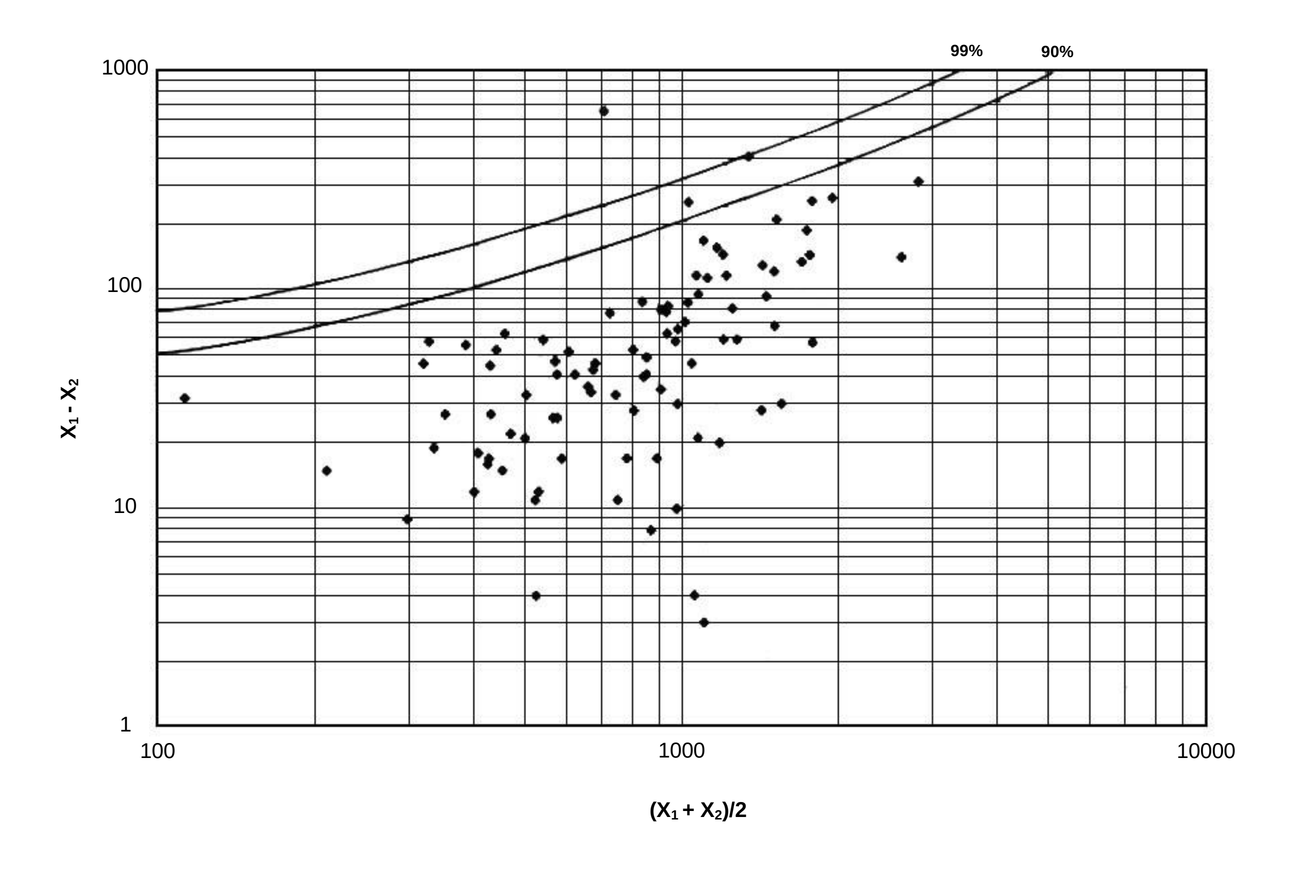


Figura 13. Manganeso, análisis duplicados. Precisión = 15%, DL = 34 ppm

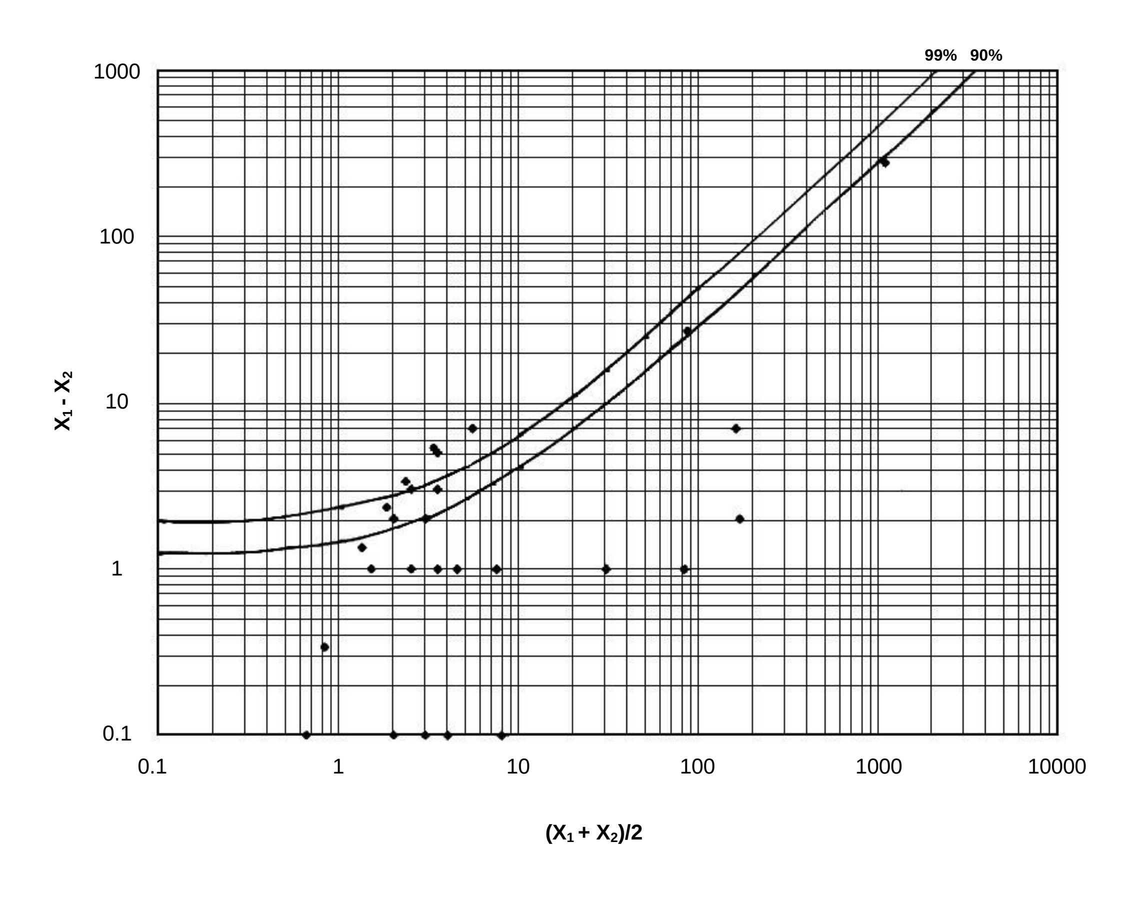


Figura 14. Molibdeno, análisis duplicados. Precisión = 25%, DL = 1.35 ppm

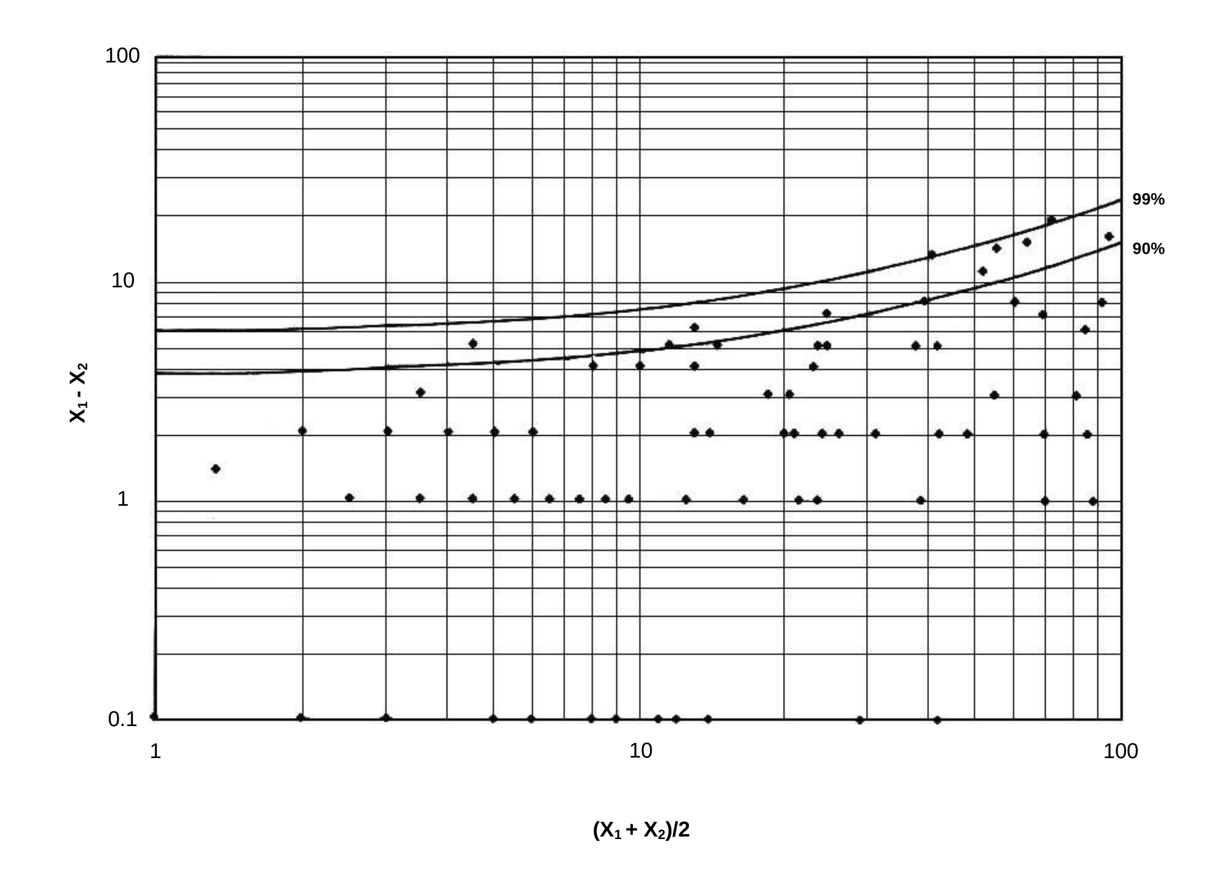


Figura 15. Níquel, análisis duplicados. Precisión = 10%, DL = 3.3 ppm

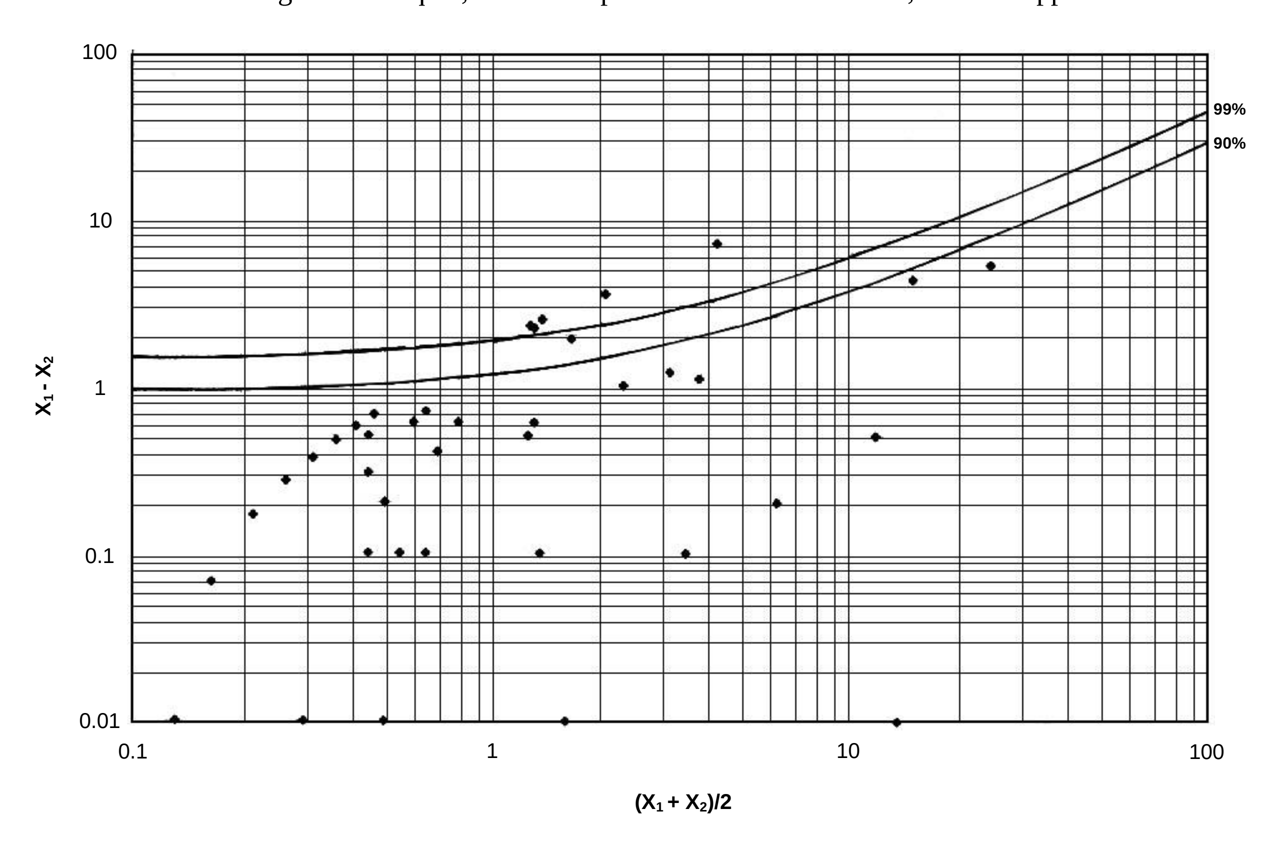


Figura 16. Plata, análisis duplicados. Precisión = 25%, DL = 1 ppm

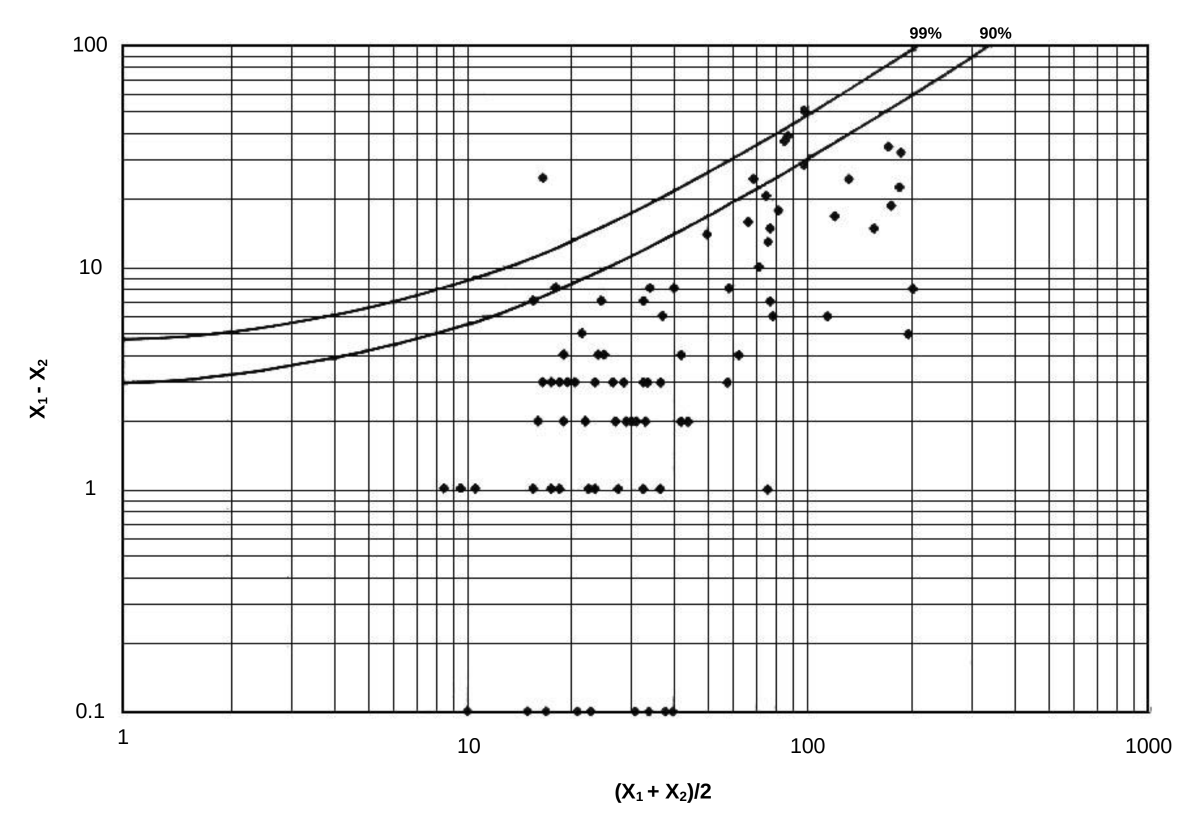


Figura 17. Estroncio, análisis duplicados. Precisión = 25%, DL = 3 ppm

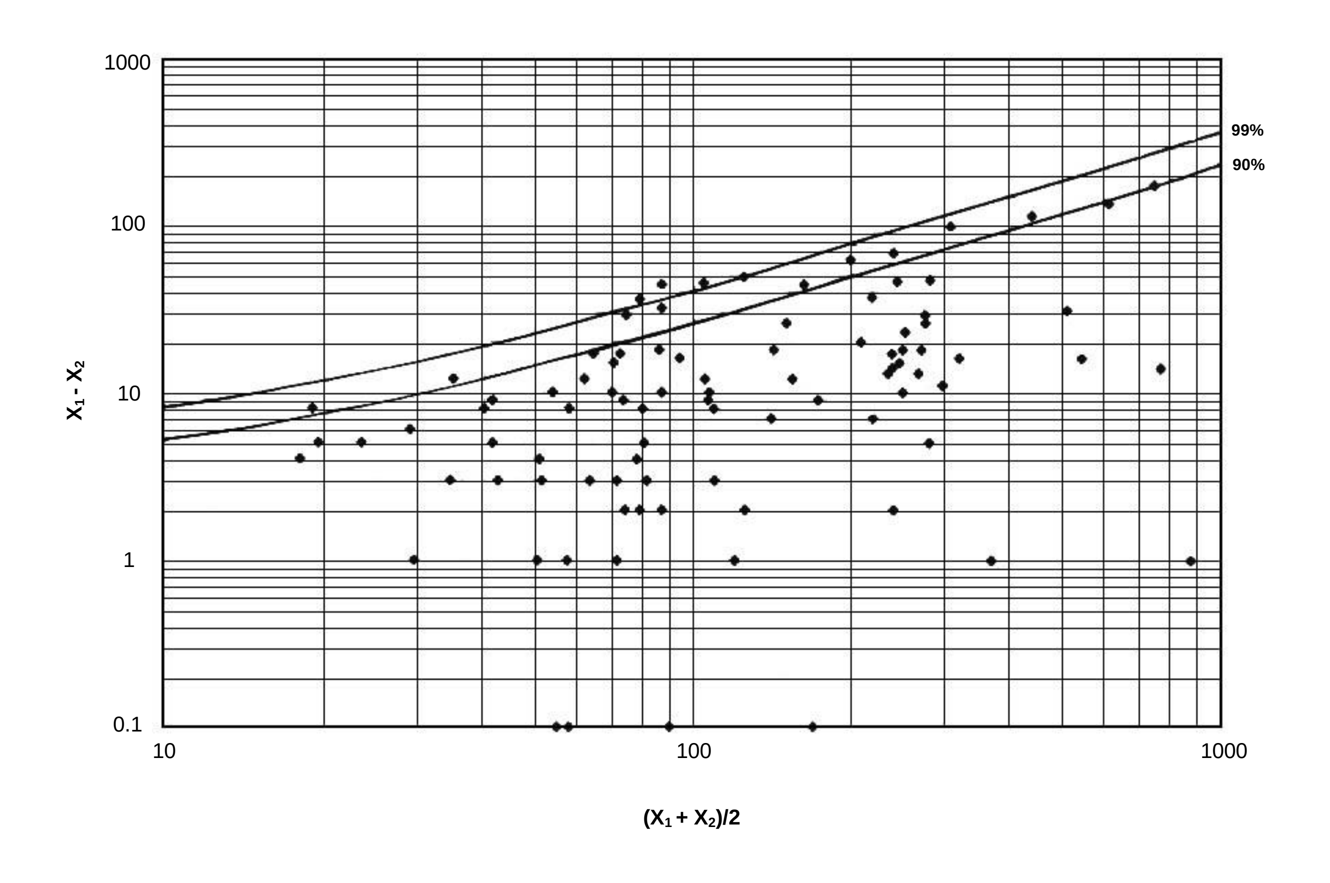


Figura 18. Vanadio, análisis duplicados. Precisión = 20%, DL = 3 ppm

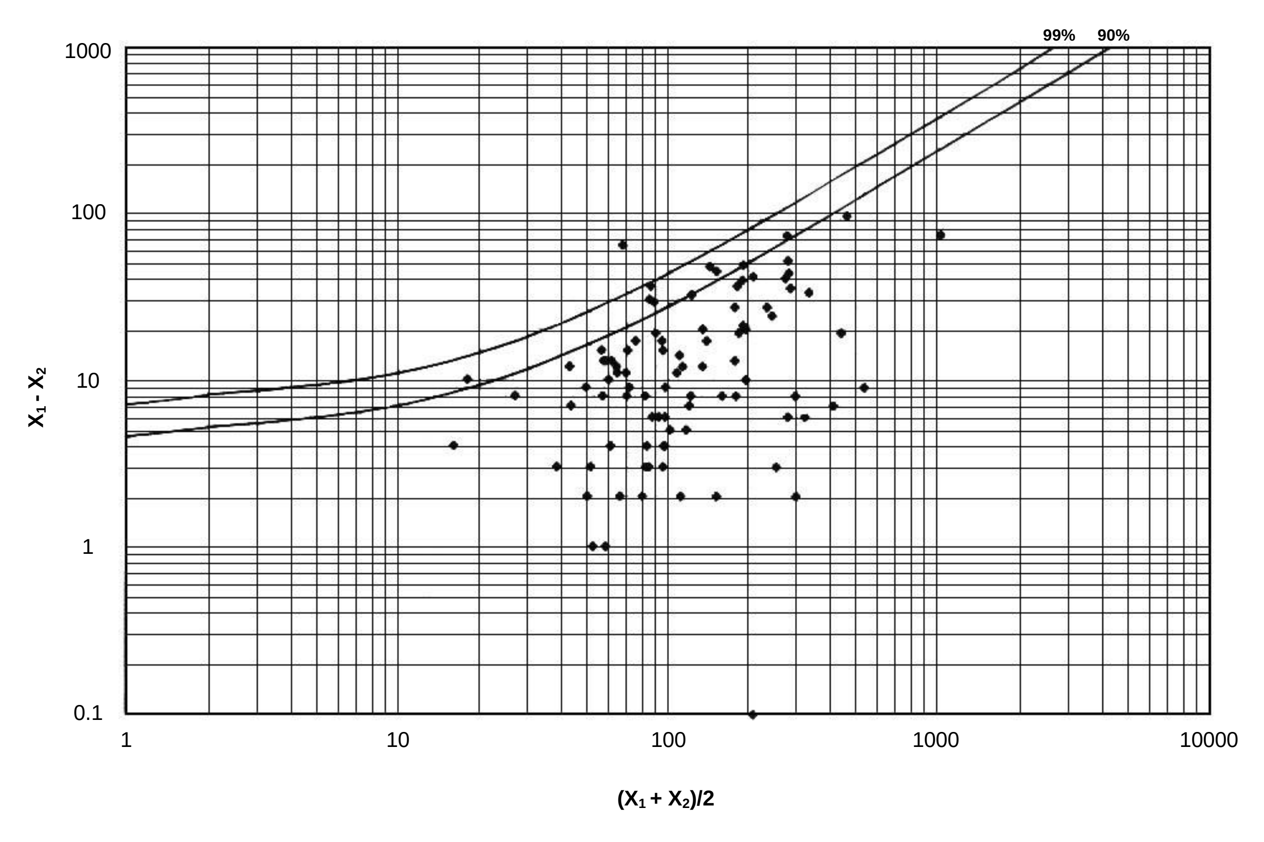
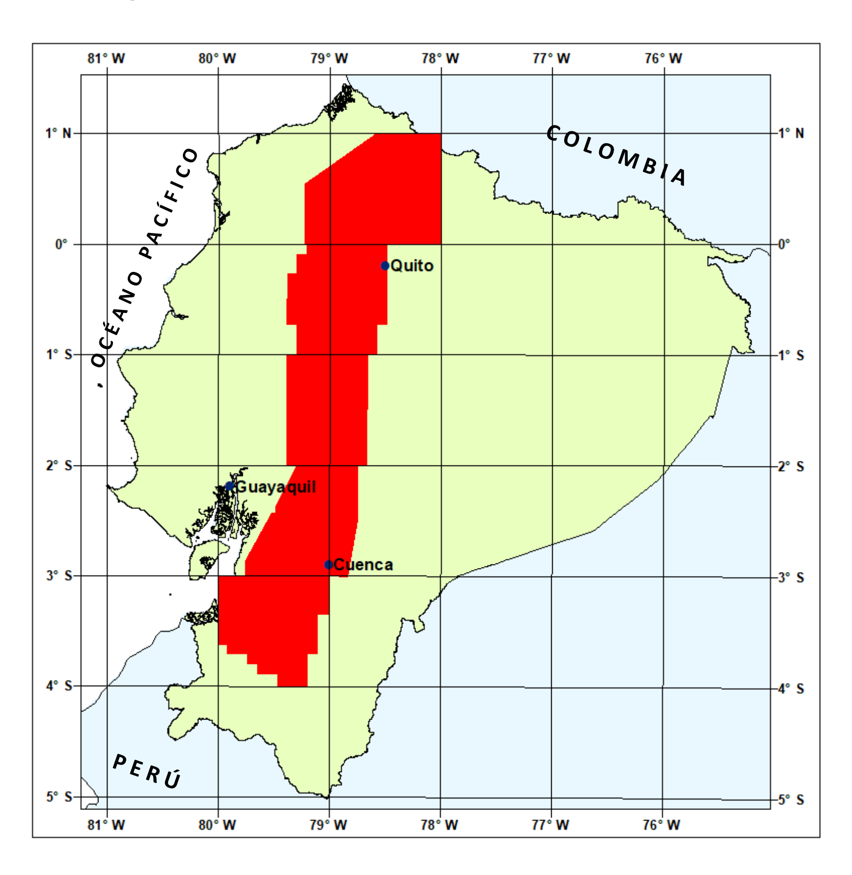


Figura 19. Zinc, análisis duplicados. Precisión = 20%, DL = 5 ppm

ANEXO 5 DEL INFORME:

CONTROL DE CALIDAD DE DATOS GEOQUÍMICOS

GRÁFICOS DE ANÁLISIS DEL COEFICIENTE DE VARIACIÓN Y MEDIA VS MEDIANA DE DIFERENCIAS



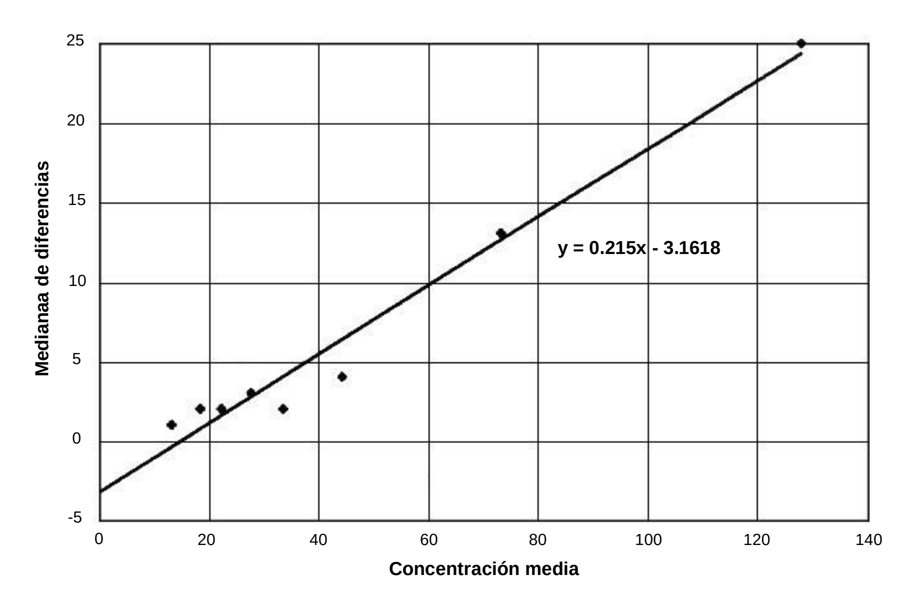
PROGRAMA DE INFORMACIÓN Y CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA

QUITO, 1997

Los siguientes gráficos muestran la mediana de diferencias vs la media de medias para grupos de análisis duplicados, utilizando el método de Thompson y Howarth (1978) (ver texto, Método 1). Cada punto representa la mediana de diferencias vs la media de medias para grupos de 11 análisis duplicados organizados en orden de concentración creciente. La intersección representa s_0 y la pendiente (x) representa *k* en las ecuaciones de Thompson y Howarth.

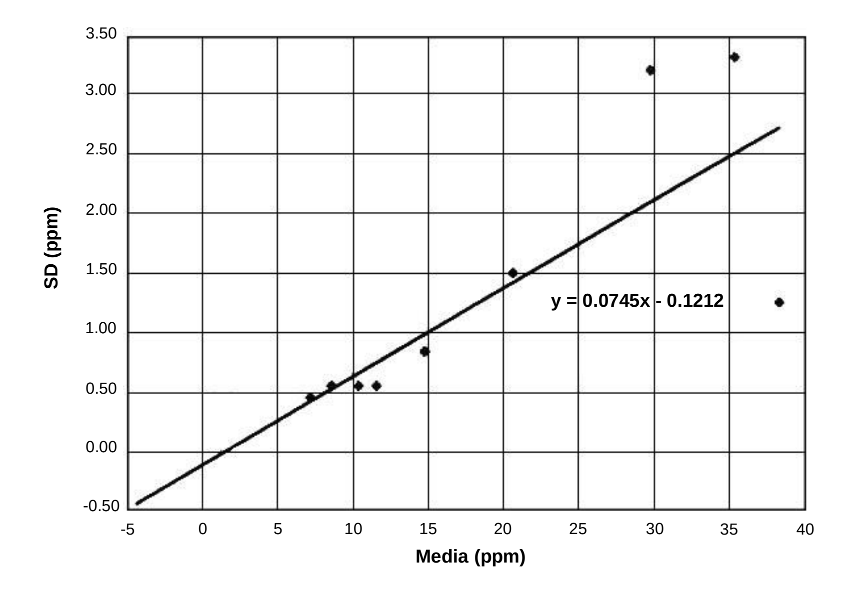
Estos gráficos también muestran la concentración media vs la desviación estándar (SD) para análisis duplicados de muestras de referencia. Las líneas se ajustan mediante regresión. El intercepto es equivalente a la desviación estándar con una concentración cero (s_0) y la pendiente (x) es equivalente a *k* en las ecuaciones de Thompson y Howarth (1978).

Análisis del primer año.



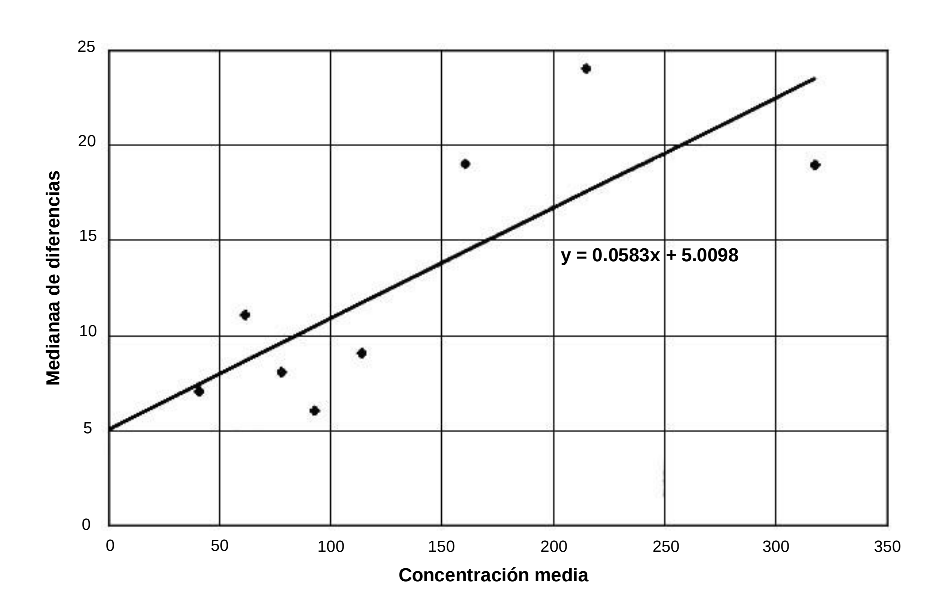
Media	Mediana
13.000	1
18.273	2
22.091	2
27.455	3
33.364	2
44.136	4
73.182	13
128.00	25

Figura 1. Estroncio. Regresión de la mediana de diferencias vs media de grupos de análisis duplicados



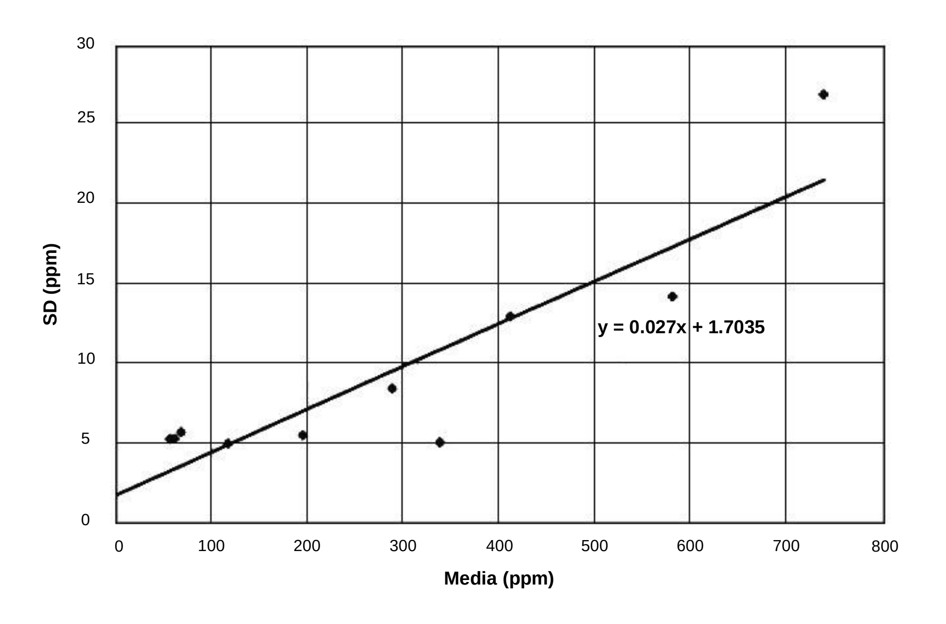
Muestras	Media	SD
ESTÁNDAR 1	10.40	0.5477
ESTÁNDAR 2	7.20	0.4472
ESTÁNDAR 3	8.60	0.5477
ESTÁNDAR 4	14.80	0.8367
ESTÁNDAR 5	11.60	0.5477
ESTÁNDAR 6	38.25	1.2583
ESTÁNDAR 7	14.80	0.8367
J-1	20.64	1.4960
COR-1	35.36	3.3246
M-1	29.79	3.2129

Figura 2. Estroncio. Regresión de la desviación estándar vs media de análisis duplicados de muestras estándar



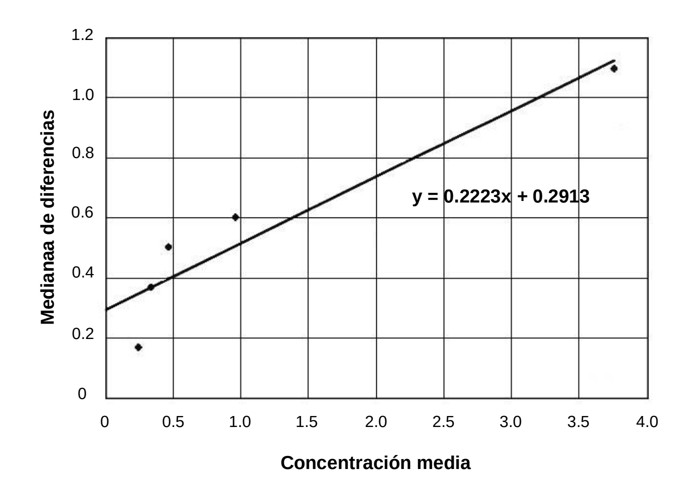
Media	Mediana
40.55	7
61.45	11
77.64	8
92.59	6
113.95	9
160.77	19
215.50	24
317.73	19

Figura 3. Zinc. Regresión de la mediana de diferencias vs media de grupos de análisis duplicados



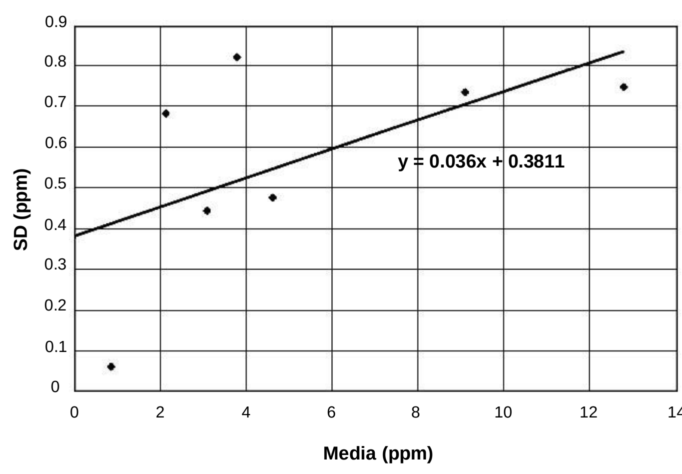
Muestras	Media	SD
ESTÁNDAR 1	412.40	12.9731
ESTÁNDAR 2	738.60	27.0426
ESTÁNDAR 3	580.60	14.2934
ESTÁNDAR 4	195.00	5.4772
ESTÁNDAR 5	339.00	5.0498
ESTÁNDAR 6	116.50	4.9329
ESTÁNDAR 7	288.80	8.4083
J-1	67.71	5.6362
COR-1	55.93	5.2134
M-1	60.86	5.2190

Figura 4. Zinc. Regresión de la desviación estándar vs media de análisis duplicados de muestras estándar



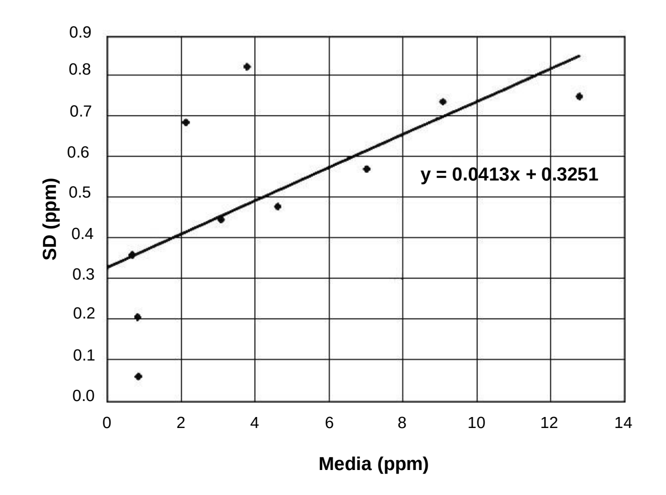
Media	Mediana
0.239	0.167
0.333	0.367
0.462	0.500
0.956	0.600
3.756	1.100

Figura 5. Plata. Regresión de la mediana de diferencias vs media de grupos de análisis duplicados



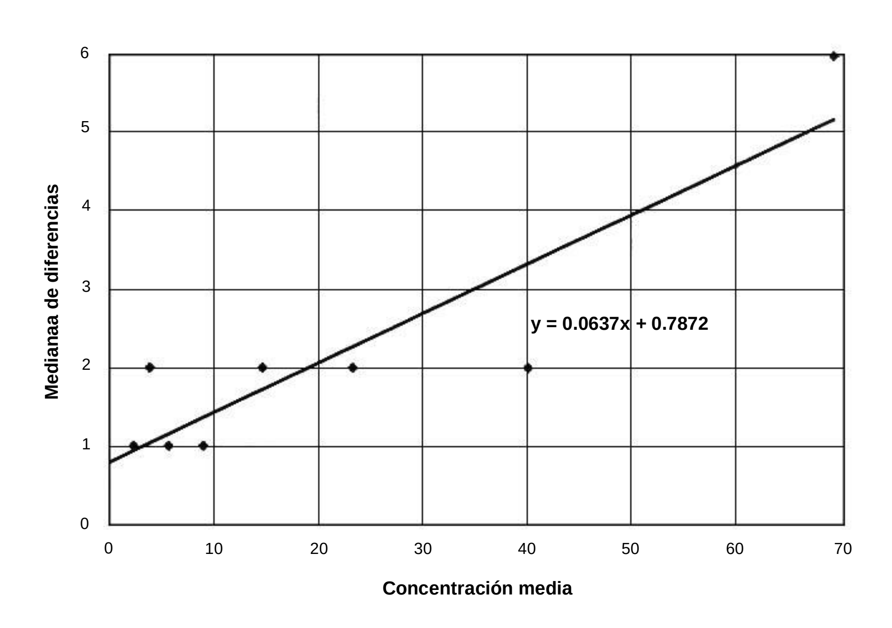
Muestras	Media	SD
ESTÁNDAR 1	3.78	0.8228
ESTÁNDAR 2	12.78	0.7530
ESTÁNDAR 3	9.10	0.7382
ESTÁNDAR 4	2.12	0.6834
ESTÁNDAR 5	3.08	0.4438
ESTÁNDAR 6	0.85	0.0577
ESTÁNDAR 7	4.62	0.4764

Figura 6. Plata. Regresión de la desviación estándar vs media de análisis duplicados de muestras estándar



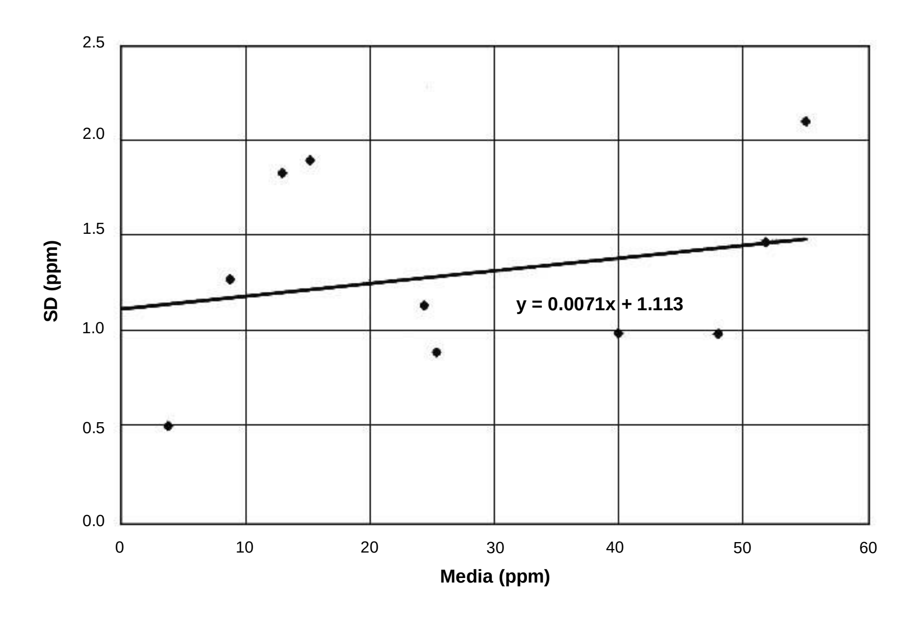
Muestras	Media	SD
ESTÁNDAR 1	3.78	0.8228
ESTÁNDAR 2	12.78	0.7530
ESTÁNDAR 3	9.10	0.7382
ESTÁNDAR 4	2.12	0.6834
ESTÁNDAR 5	3.08	0.4438
ESTÁNDAR 6	0.85	0.0577
ESTÁNDAR 7	4.62	0.4764
BCC3	7.04	0.56999
BCC4	0.82	0.204396
BCC5	0.672167	0.355947

Figura 7. Plata. Regresión de la desviación estándar vs media de análisis duplicados de muestras estándar



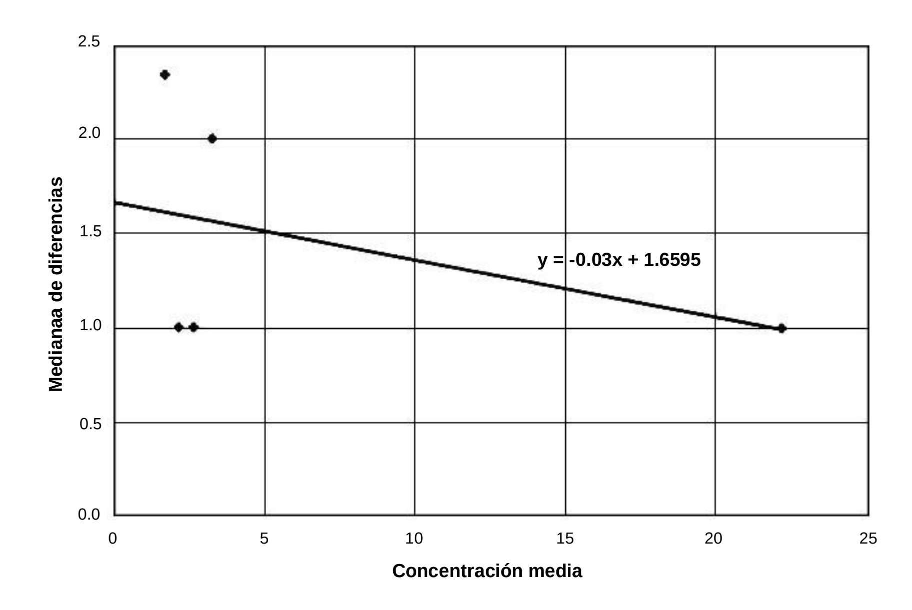
Media	Mediana
2.348	1
3.909	2
5.682	1
9.000	1
14.636	2
23.273	2
40.045	2
69.182	6

Figura 8. Níquel. Regresión de la mediana de diferencias vs media de grupos de análisis duplicados



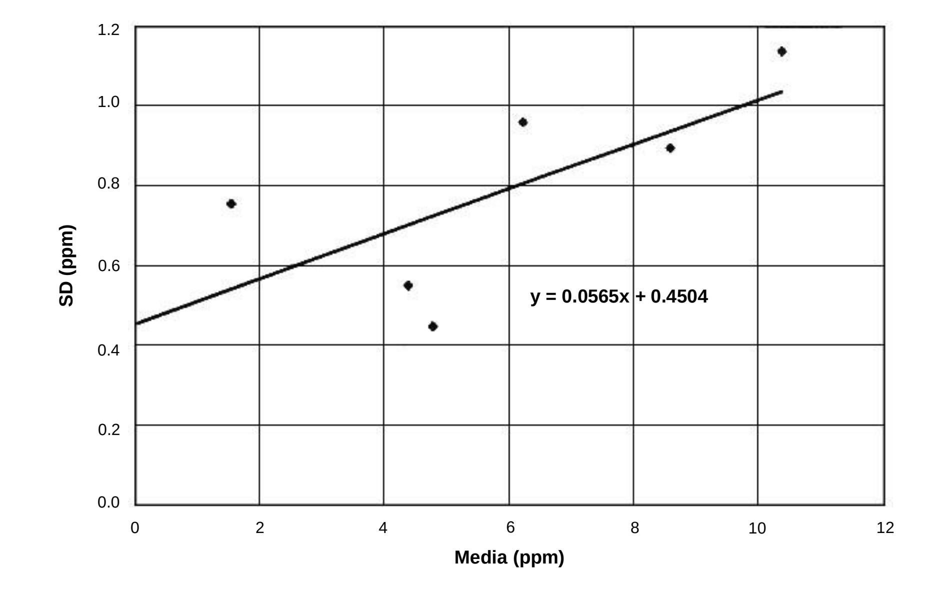
Muestras	Media	SD
ESTÁNDAR 1	48.00	1.0000
ESTÁNDAR 2	55.00	2.1213
ESTÁNDAR 3	51.80	1.4832
ESTÁNDAR 4	24.40	1.1402
ESTÁNDAR 5	40.00	1.0000
ESTÁNDAR 6	03.75	0.5000
ESTÁNDAR 7	25.40	0.8944
J-1	08.71	1.2724
COR-1	15.14	1.8996
M-1	12.89	1.8326

Figura 9. Níquel. Regresión de la desviación estándar vs media de análisis duplicados de muestras estándar



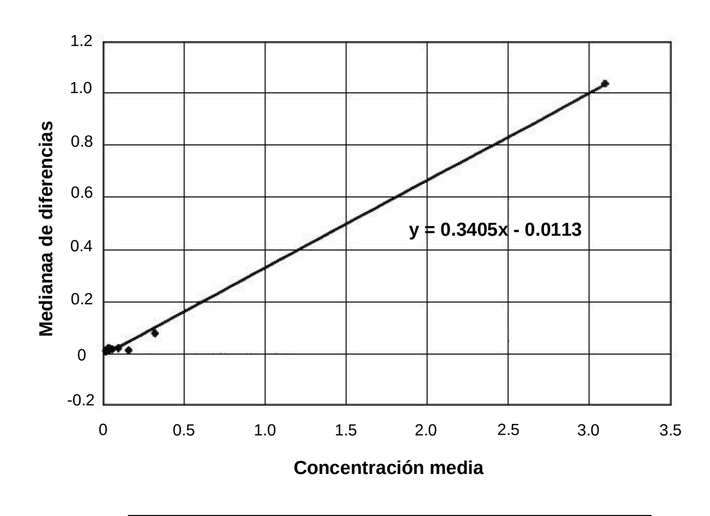
Media	Mediana
1.68	2.34
2.14	1.00
2.64	1.00
3.26	2.00
22.18	1.00

Figura 10. Molibdeno. Regresión de la mediana de diferencias vs media de grupos de análisis duplicados



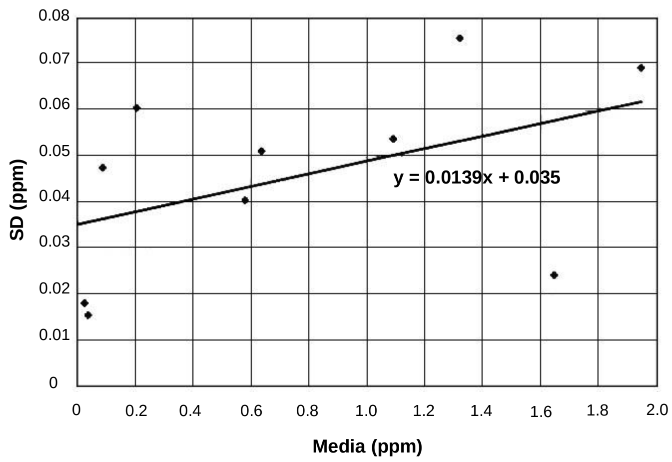
Muestras	Media	SD
ESTÁNDAR 1	10.40	1.1402
ESTÁNDAR 3	4.40	0.5477
ESTÁNDAR 4	4.80	0.4472
ESTÁNDAR 5	8.60	0.8944
ESTÁNDAR 6	6.25	0.9574
J-1	1.55	0.7507

Figura 11. Molibdeno. Regresión de la desviación estándar vs media de análisis duplicados de muestras estándar



Media	Mediana
0.0153	0.0074
0.0278	0.0160
0.0379	0.0170
0.0569	0.0140
0.0928	0.0180
0.1564	0.0100
0.3185	0.0750
3.0954	1.0460

Figura 12. Mercurio. Regresión de la mediana de diferencias vs media de grupos de análisis duplicados



Muestras	Media	SD
ESTÁNDAR 1	1.3214	0.0757
ESTÁNDAR 2	1.9412	0.0693
ESTÁNDAR 3	1.6450	0.0244
ESTÁNDAR 4	0.5796	0.0404
ESTÁNDAR 5	1.0918	0.0537
ESTÁNDAR 6	0.2050	0.0601
ESTÁNDAR 7	0.6364	0.0509
J-1	0.0875	0.0473
COR-1	0.0260	0.0180
M-1	0.0384	0.0154

Figura 13. Mercurio. Regresión de la desviación estándar vs media de análisis duplicados de muestras estándar

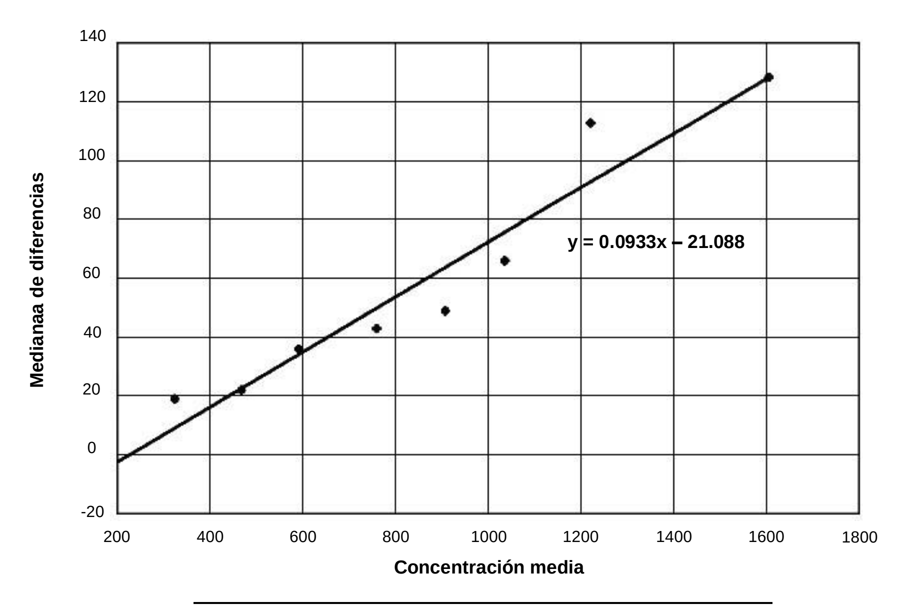
SD (ppm)

Media (ppm)

y = 0.0471x + 0.0131

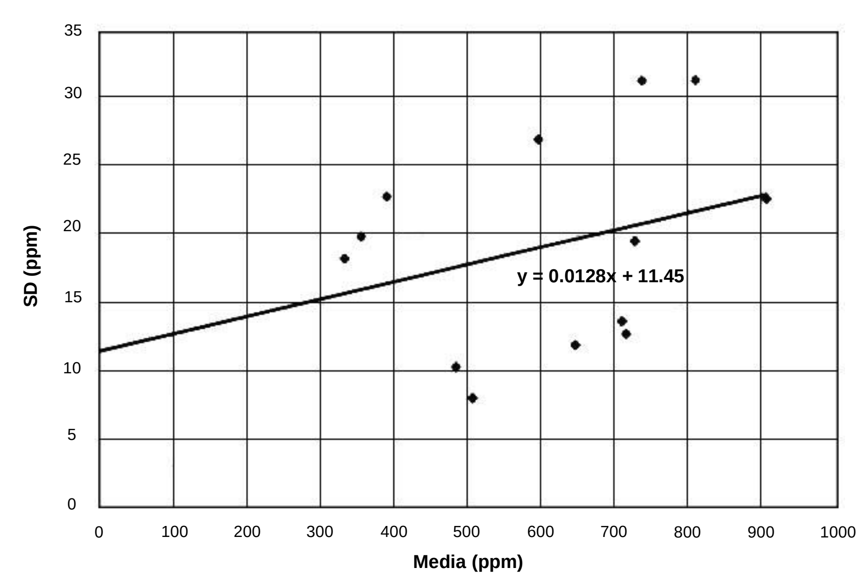
Muestras	Media	SD
ESTÁNDAR 1	1.3214	0.0757
ESTÁNDAR 2	1.9412	0.0693
ESTÁNDAR 3	1.6450	0.0244
ESTÁNDAR 4	0.5796	0.0404
ESTÁNDAR 5	1.0918	0.0537
ESTÁNDAR 6	0.2050	0.0601
ESTÁNDAR 7	0.6364	0.0509
J-1	0.0875	0.0473
COR-1	0.0260	0.0180
M-1	0.0384	0.0154
BCC3	3.501222	0.227508
BCC4	0.033000	0.007394
BCC5	0.041364	0.005104

Figura 14. Mercurio. Regresión de la desviación estándar vs media de análisis duplicados de muestras estándar



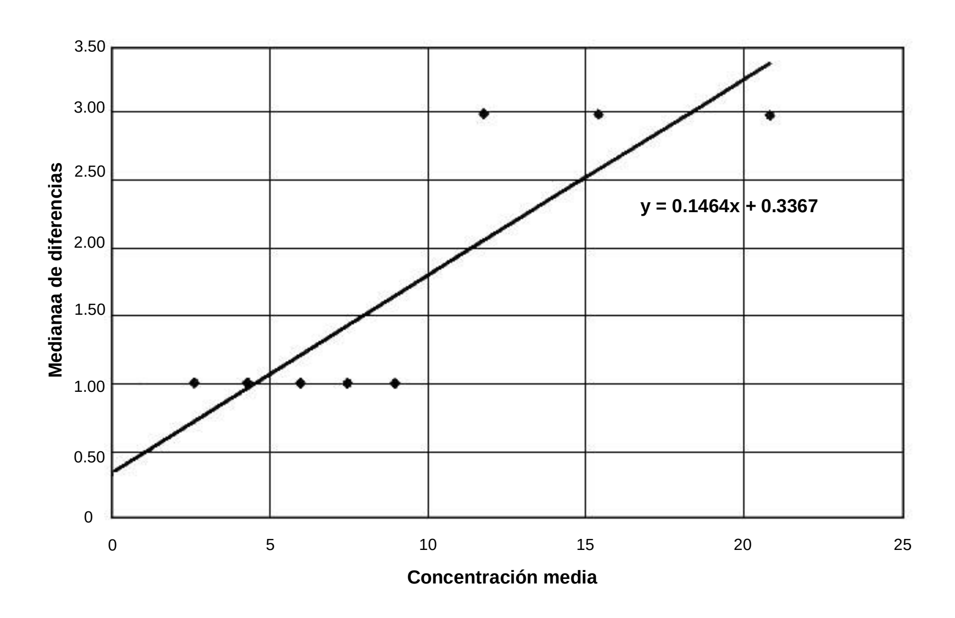
Media	Mediana
324.27	19
468.05	22
590.96	36
760.14	43
909.50	49
1037.55	66
1222.59	113
1607.46	129

Figura 15. Manganeso. Regresión de la mediana de diferencias vs media de grupos de análisis duplicados



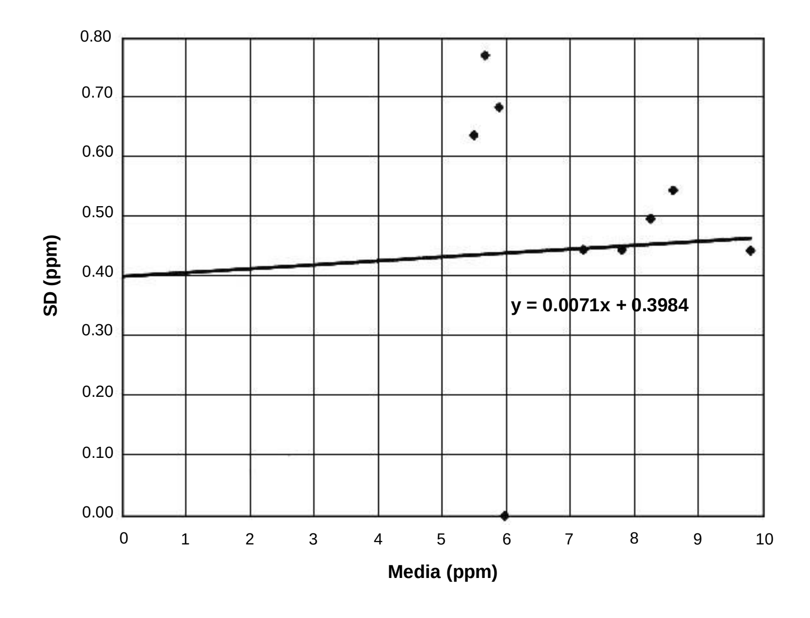
Muestras	Media	SD
ESTÁNDAR 1	727.20	19.6138
ESTÁNDAR 2	710.00	13.7477
ESTÁNDAR 3	715.60	12.8375
ESTÁNDAR 4	508.00	08.0932
ESTÁNDAR 5	647.00	12.0000
ESTÁNDAR 6	905.75	22.7211
ESTÁNDAR 7	485.20	10.3779
J-1	390.75	22.7867
COR-1	333.07	18.2552
M-1	355.82	19.8570
BCC3	809.80	31.50238
BCC4	596.90	27.04092
BCC5	737.1667	31.44644

Figura 16. Manganeso. Regresión de la desviación estándar vs media de análisis duplicados de muestras estándar



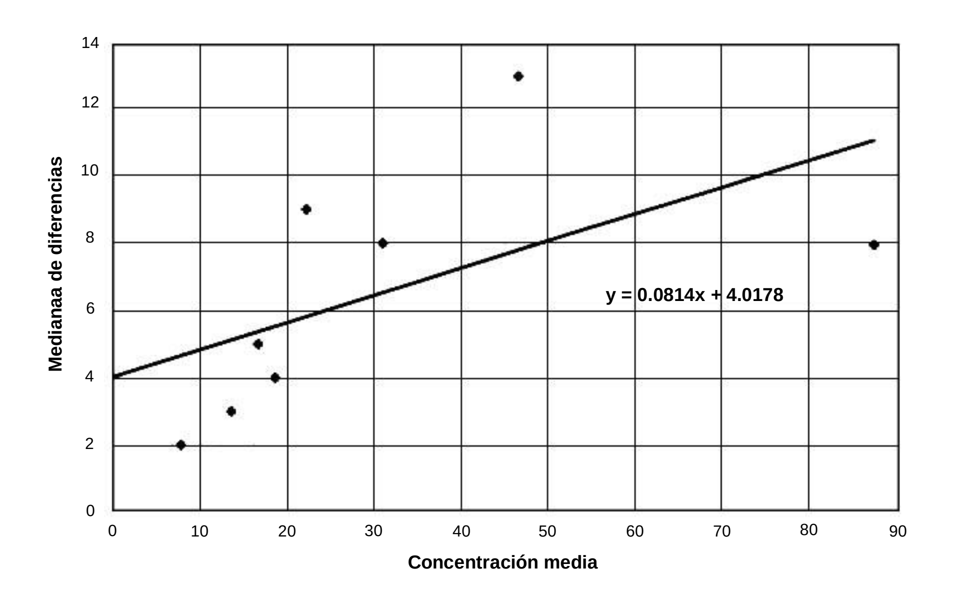
Media	Mediana
2.591	1
4.273	1
5.955	1
7.455	1
8.955	1
11.773	3
15.409	3
20.818	3

Figura 17. Litio. Regresión de la mediana de diferencias vs media de grupos de análisis duplicados



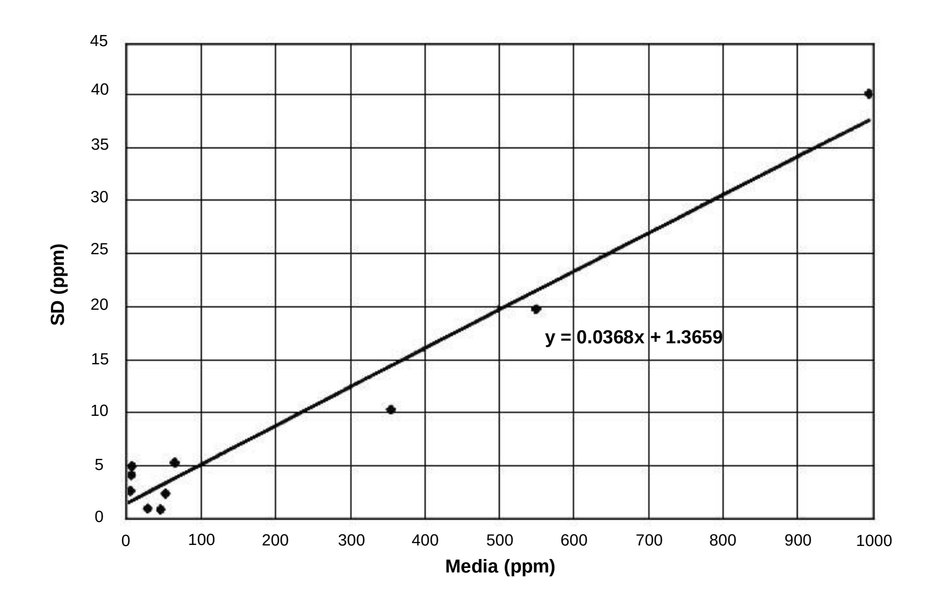
Muestras	Media	SD
ESTÁNDAR 1	9.80	0.447
ESTÁNDAR 2	6.00	0.000
ESTÁNDAR 3	7.80	0.447
ESTÁNDAR 4	7.20	0.447
ESTÁNDAR 5	8.60	0.548
ESTÁNDAR 6	8.25	0.500
ESTÁNDAR 7	6.00	0.000
J-1	5.89	0.685
COR-1	5.50	0.638
M-1	5.68	0.772

Figura 18. Litio. Regresión de la desviación estándar vs media de análisis duplicados de muestras estándar



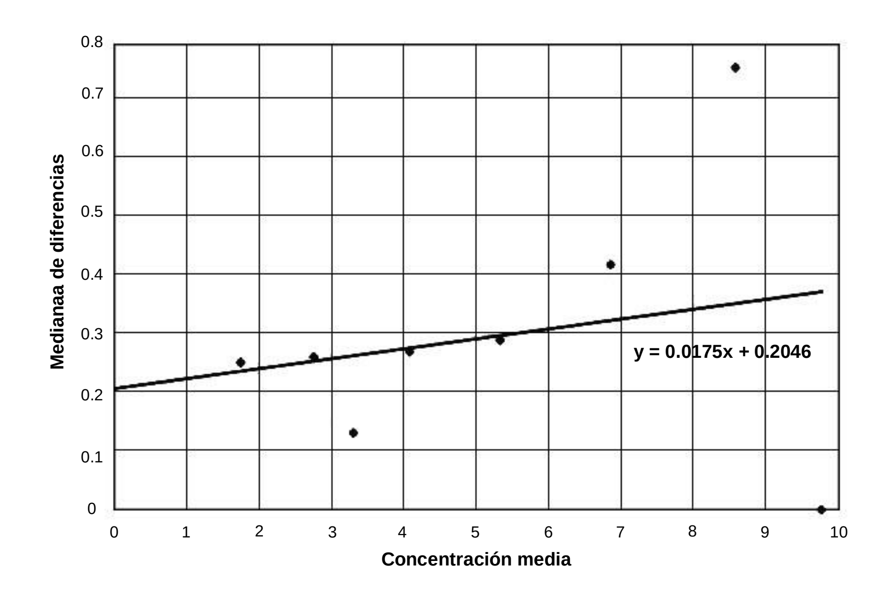
Media	Mediana
7.82	2
13.59	3
16.68	5
18.64	4
22.18	9
31.00	8
46.68	13
87.32	8

Figura 19. Plomo. Regresión de la mediana de diferencias vs media de grupos de análisis duplicados



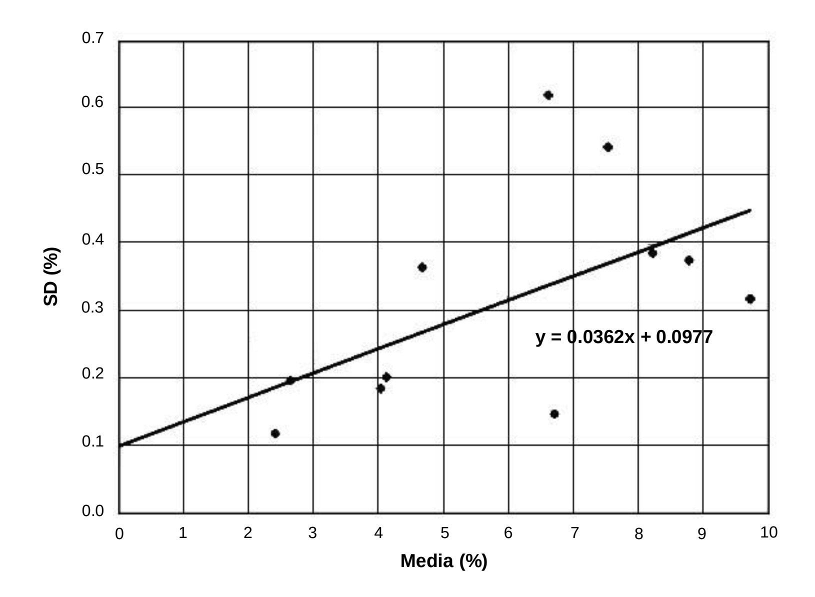
Muestras	Media	SD
ESTÁNDAR 1	64.60	5.2249
ESTÁNDAR 2	994.20	40.4747
ESTÁNDAR 3	550.00	19.8368
ESTÁNDAR 4	28.60	0.8944
ESTÁNDAR 5	52.60	2.3022
ESTÁNDAR 6	46.00	0.8165
ESTÁNDAR 7	355.60	10.3000
J-1	5.21	2.5540
COR-1	7.36	4.8805
M-1	6.69	4.0547

Figura 20. Plomo. Regresión de la desviación estándar vs media de análisis duplicados de muestras estándar



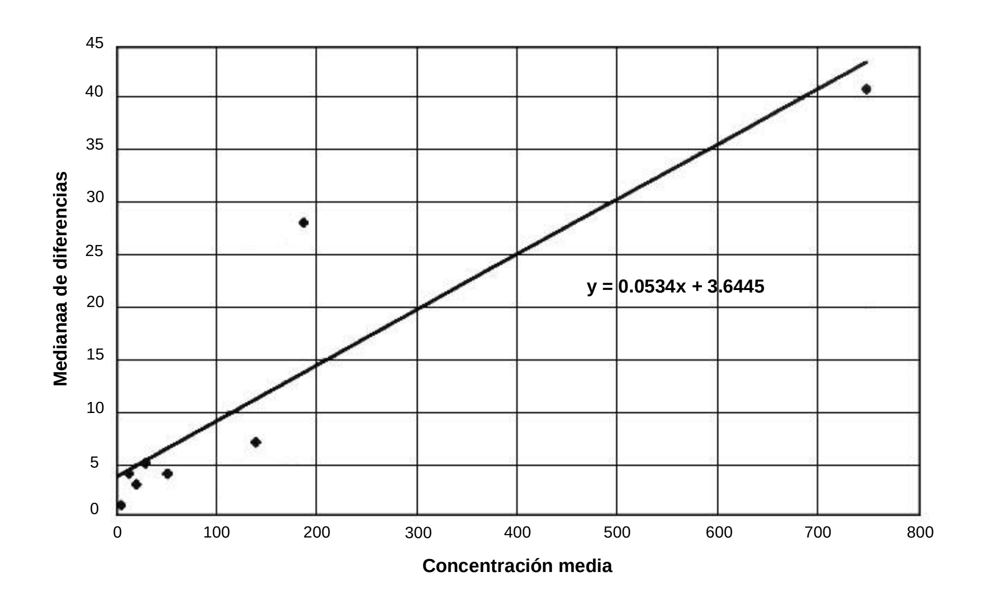
Media	Mediana
1.75	0.25
2.76	0.26
3.32	0.13
4.09	0.27
5.34	0.29
6.86	0.42
8.59	0.76
9.78	0.00

Figura 21. Hierro. Regresión de la mediana de diferencias vs media de grupos de análisis duplicados



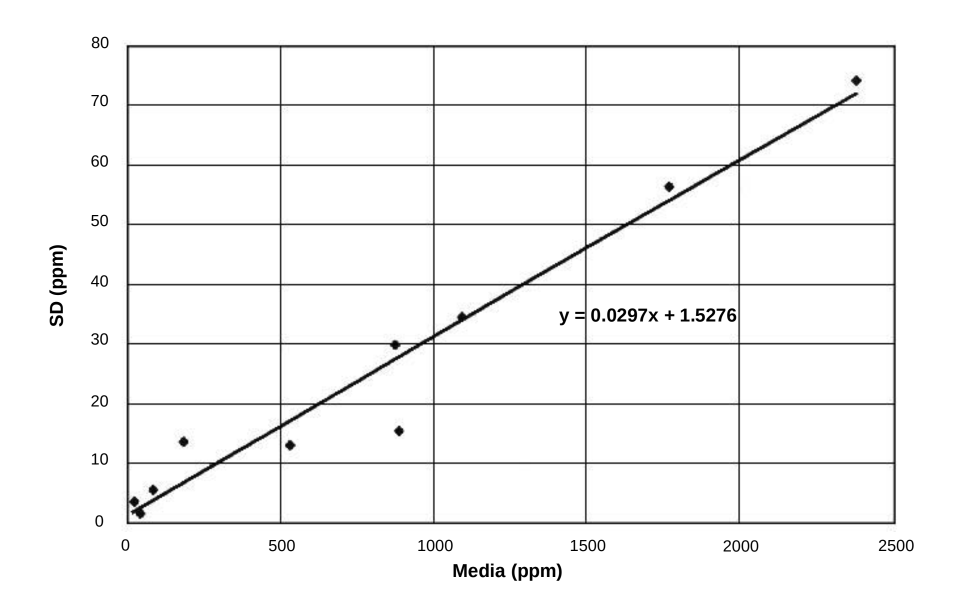
Muestras	Media	SD
ESTÁNDAR 1	9.72	0.3182
ESTÁNDAR 4	6.72	0.1467
ESTÁNDAR 5	8.78	0.3757
ESTÁNDAR 6	2.65	0.1952
ESTÁNDAR 7	8.22	0.3861
J-1	4.68	0.3636
COR-1	7.54	0.5427
M-1	6.63	0.6191
BCC3	4.135	0.200458
BCC4	2.413	0.116909
BCC5	4.045	0.183872

Figura 22. Hierro. Regresión de la desviación estándar vs media de análisis duplicados de muestras estándar



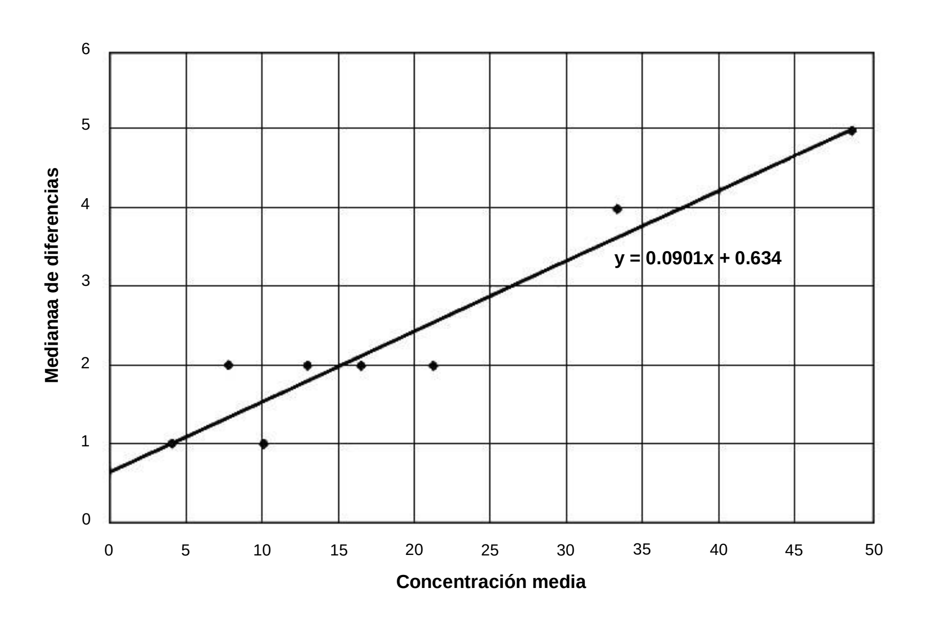
Media	Mediana
5.48	1
13.27	4
20.73	3
29.91	5
51.86	4
139.73	7
186.91	28
747.77	41

Figura 23. Cobre. Regresión de la mediana de diferencias vs media de grupos de análisis duplicados



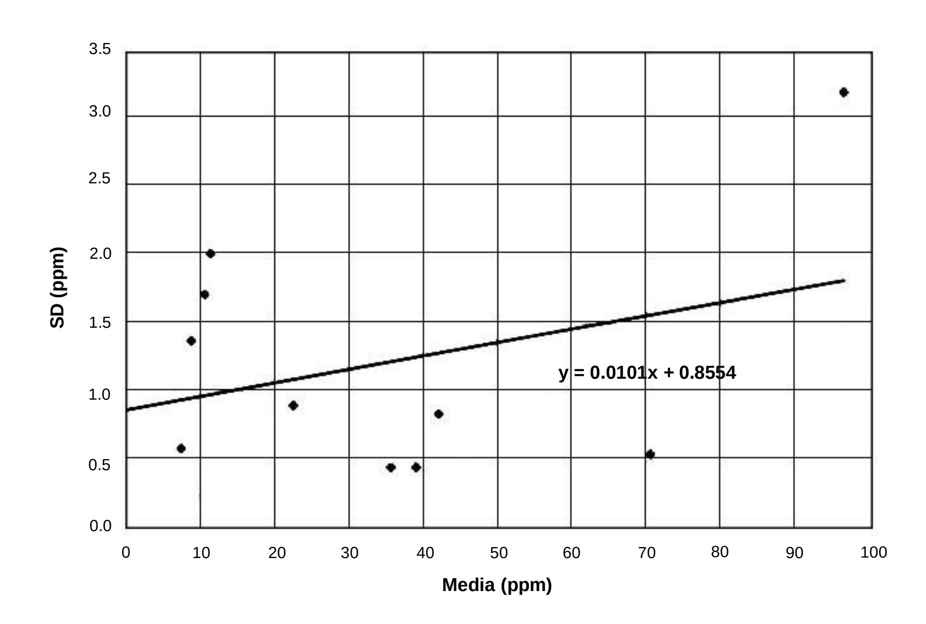
Muestras	Media	SD
ESTÁNDAR 1	1093.80	34.4267
ESTÁNDAR 2	2380.40	74.2651
ESTÁNDAR 3	1768.80	56.3001
ESTÁNDAR 4	530.00	13.1719
ESTÁNDAR 5	888.40	15.5820
ESTÁNDAR 6	40.50	1.7321
ESTÁNDAR 7	875.00	29.8329
J-1	181.43	13.7368
COR-1	20.71	3.7303
M-1	82.43	5.6793

Figura 24. Cobre. Regresión de la desviación estándar vs media de análisis duplicados de muestras estándar



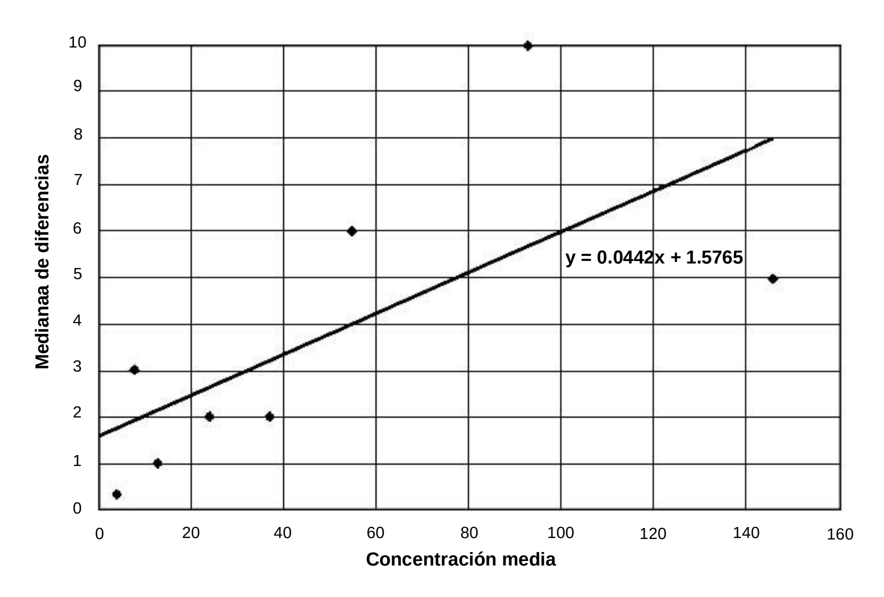
Media	Mediana
4.08	1
7.77	2
10.09	1
12.96	2
16.50	2
21.27	2
33.32	4
48.64	5

Figura 25. Cobalto. Regresión de la mediana de diferencias vs media de grupos de análisis duplicados



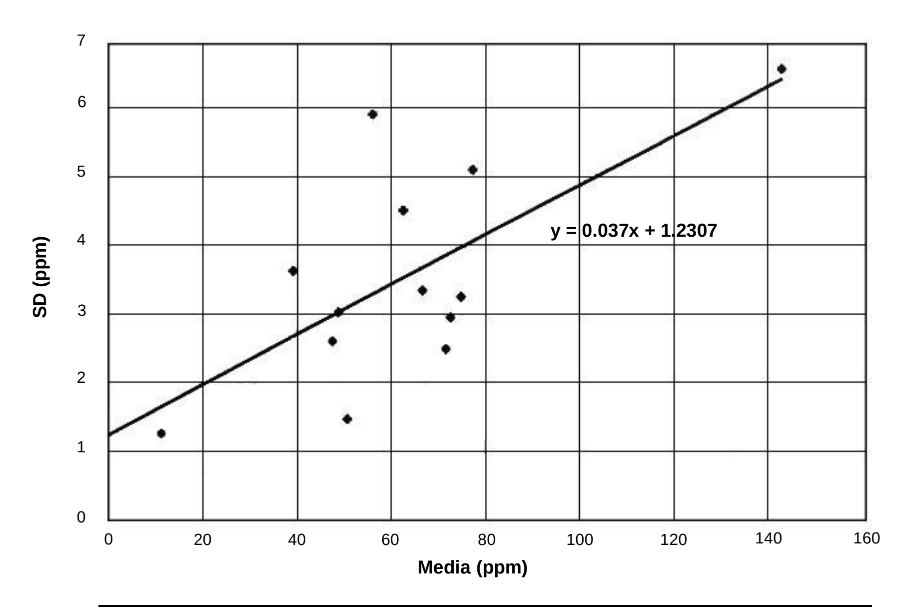
Muestras	Media	SD
ESTÁNDAR 1	42.20	0.8367
ESTÁNDAR 2	96.40	3.2094
ESTÁNDAR 3	70.60	0.5477
ESTÁNDAR 4	22.60	0.8944
ESTÁNDAR 5	35.80	0.4472
ESTÁNDAR 6	7.50	0.5774
ESTÁNDAR 7	39.20	0.4472
J-1	8.82	1.3623
COR-1	11.39	2.0063
M-1	10.64	1.7043

Figura 26. Cobalto. Regresión de la desviación estándar vs media de análisis duplicados de muestras estándar



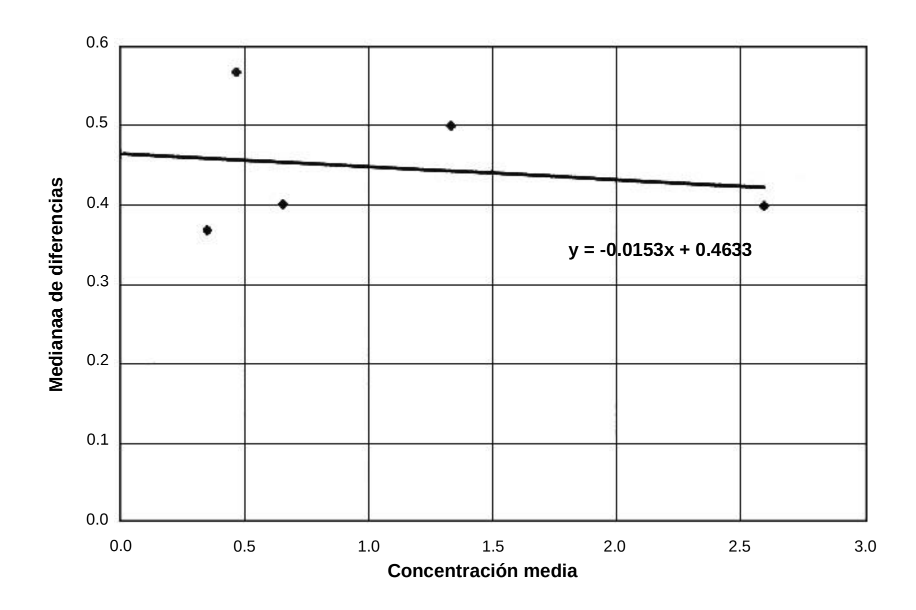
Media	Mediana
3.85	0.34
7.64	3.00
12.64	1.00
23.86	2.00
36.86	2.00
54.68	6.00
93.00	10.00
145.59	5.00

Figura 27. Cromo. Regresión de la mediana de diferencias vs media de grupos de análisis duplicados



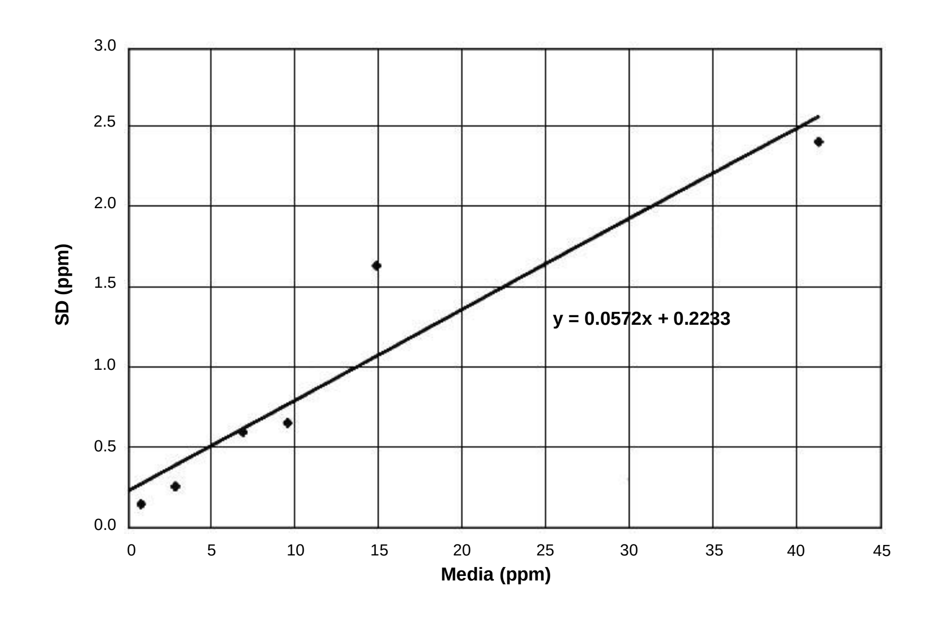
Muestras	Media	SD
ESTÁNDAR 1	74.80	3.2711
ESTÁNDAR 2	71.60	2.5100
ESTÁNDAR 3	72.60	2.9665
ESTÁNDAR 4	50.80	1.4832
ESTÁNDAR 5	66.60	3.3615
ESTÁNDAR 6	11.25	1.2583
ESTÁNDAR 7	48.80	3.0332
J-1	39.11	3.6346
COR-1	62.46	4.5337
M-1	55.96	5.9472
BCC3	142.4	6.65332
BCC4	77.2	5.138093
BCC5	47.5	2.611165

Figura 28. Cromo. Regresión de la desviación estándar vs media de análisis duplicados de muestras estándar



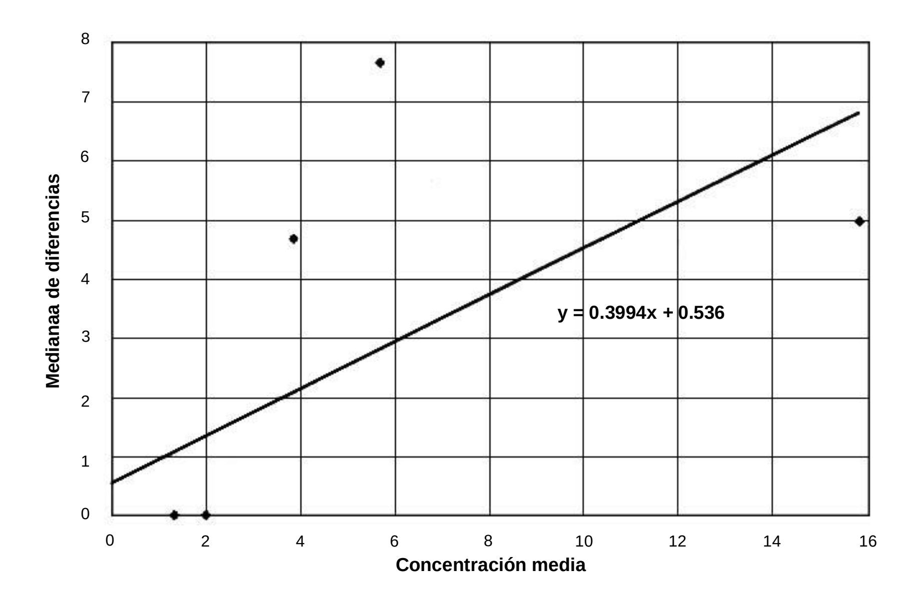
Media	Mediana
0.350	0.367
0.468	0.567
0.655	0.400
1.336	0.500
2.595	0.400

Figura 29. Cadmio. Regresión de la mediana de diferencias vs media de grupos de análisis duplicados



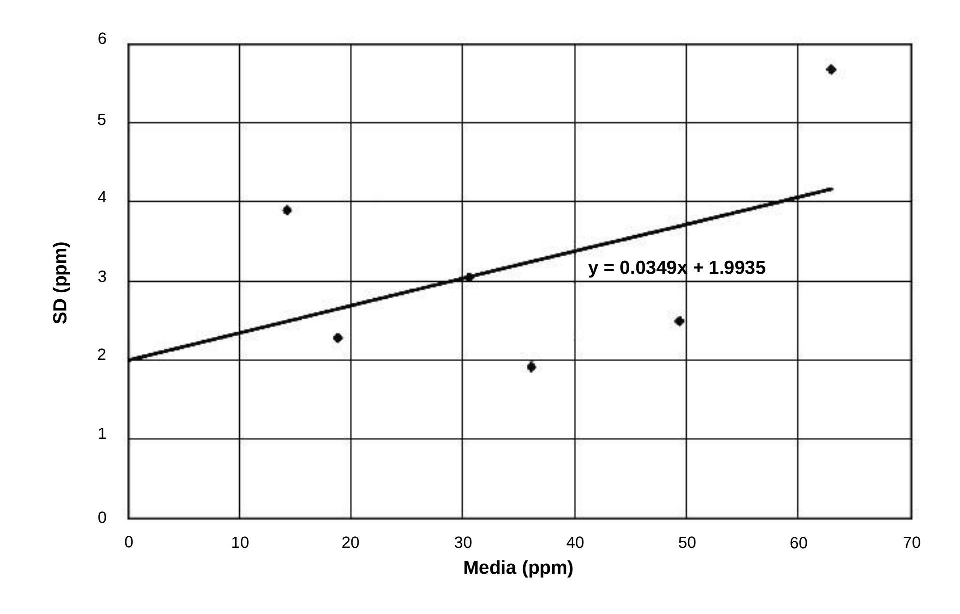
Muestras	Media	SD
ESTÁNDAR 1	9.58	0.6535
ESTÁNDAR 3	41.30	2.4238
ESTÁNDAR 4	2.84	0.2510
ESTÁNDAR 5	6.88	0.5933
ESTÁNDAR 6	0.80	0.1414
ESTÁNDAR 7	14.90	1.6386

Figura 30. Cadmio. Regresión de la desviación estándar vs media de análisis duplicados de muestras estándar



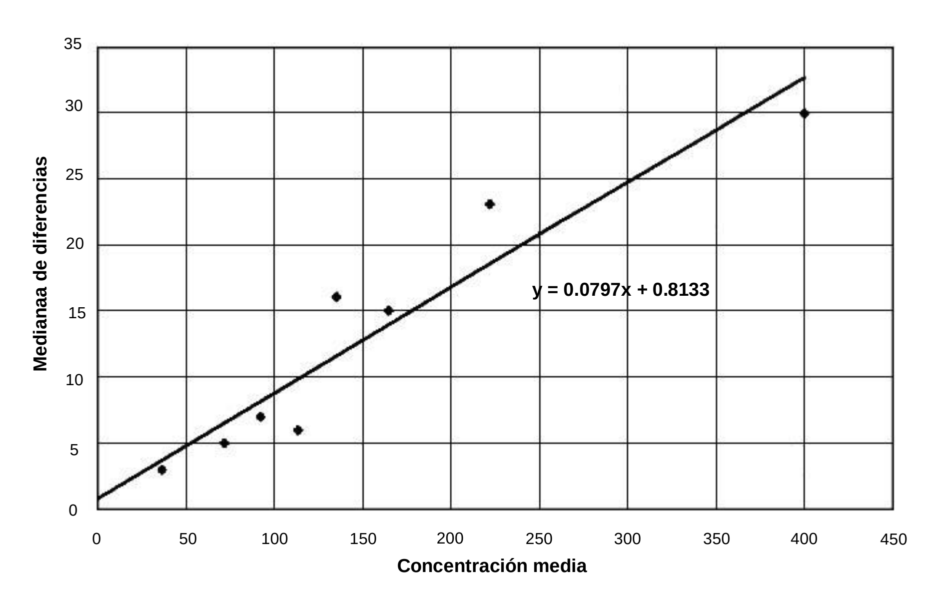
Media	Mediana
1.330	0.00
1.330	0.00
1.330	0.00
1.330	0.00
1.997	0.00
3.847	4.67
5.695	7.67
15.818	5.00

Figura 31. Bismuto. Regresión de la mediana de diferencias vs media de grupos de análisis duplicados



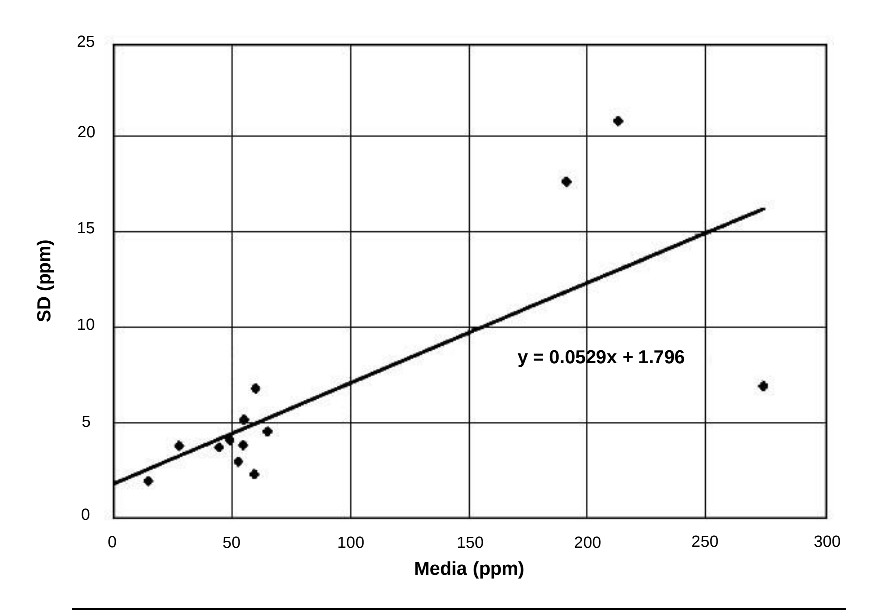
Muestras	Media	SD
ESTÁNDAR 1	36.20	1.9235
ESTÁNDAR 2	63.00	5.7009
ESTÁNDAR 3	49.40	2.5100
ESTÁNDAR 4	14.20	3.8987
ESTÁNDAR 5	30.60	3.0496
ESTÁNDAR 7	18.80	2.2804

Figura 32. Bismuto. Regresión de la desviación estándar vs media de análisis duplicados de muestras estándar



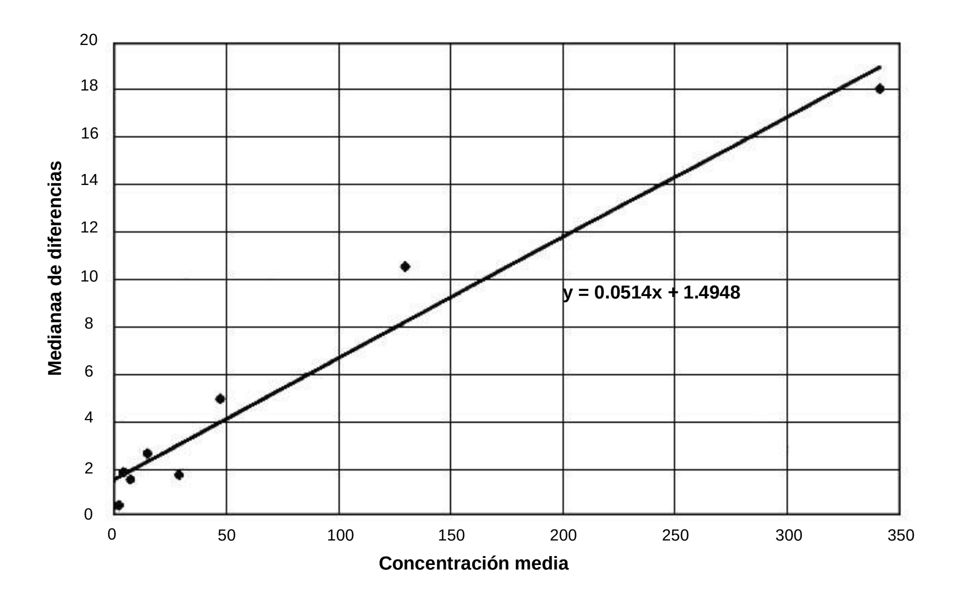
Media	Mediana
36.27	3
71.60	5
92.05	7
113.36	6
135.05	16
164.77	15
222.18	23
400.18	30

Figura 33. Bario. Regresión de la mediana de diferencias vs media de grupos de análisis duplicados



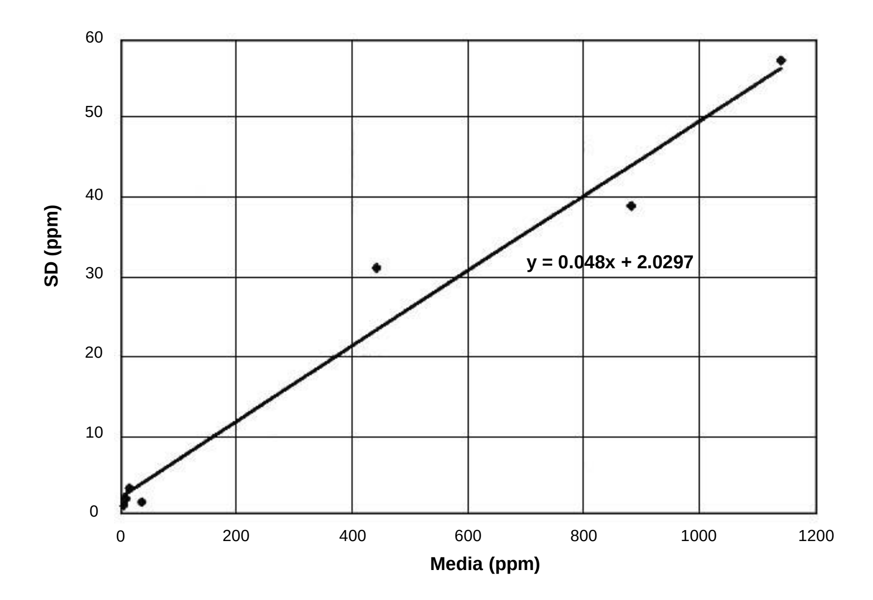
Muestras	Media	SD
ESTÁNDAR 1	52.60	2.9665
ESTÁNDAR 2	14.60	1.9494
ESTÁNDAR 3	27.60	3.7815
ESTÁNDAR 4	59.40	2.3022
ESTÁNDAR 5	54.60	3.8471
ESTÁNDAR 6	274.25	6.9940
ESTÁNDAR 7	44.40	3.7148
J-1	65.00	4.5461
COR-1	48.93	4.0818
M-1	54.96	5.1674
BCC3	213	20.96028
BCC4	59.9	6.789698
BCC5	191.25	17.69502

Figura 34. Bario. Regresión de la desviación estándar vs media de análisis duplicados de muestras estándar



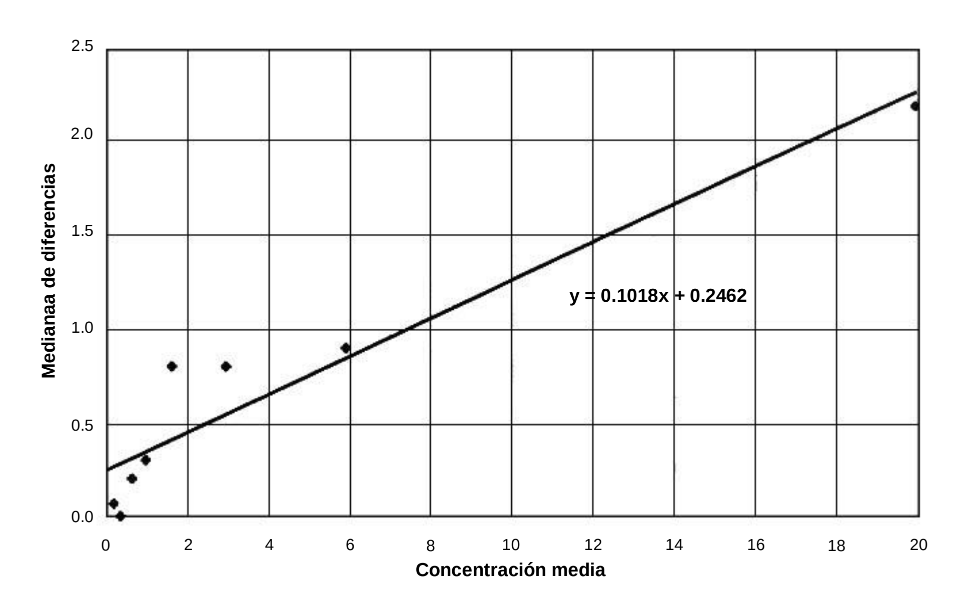
Media	Mediana
2.03	0.4
4.19	1.8
7.22	1.5
14.74	2.6
28.84	1.7
47.20	4.9
129.70	10.5
341.11	18.1

Figura 35. Arsénico. Regresión de la mediana de diferencias vs media de grupos de análisis duplicados



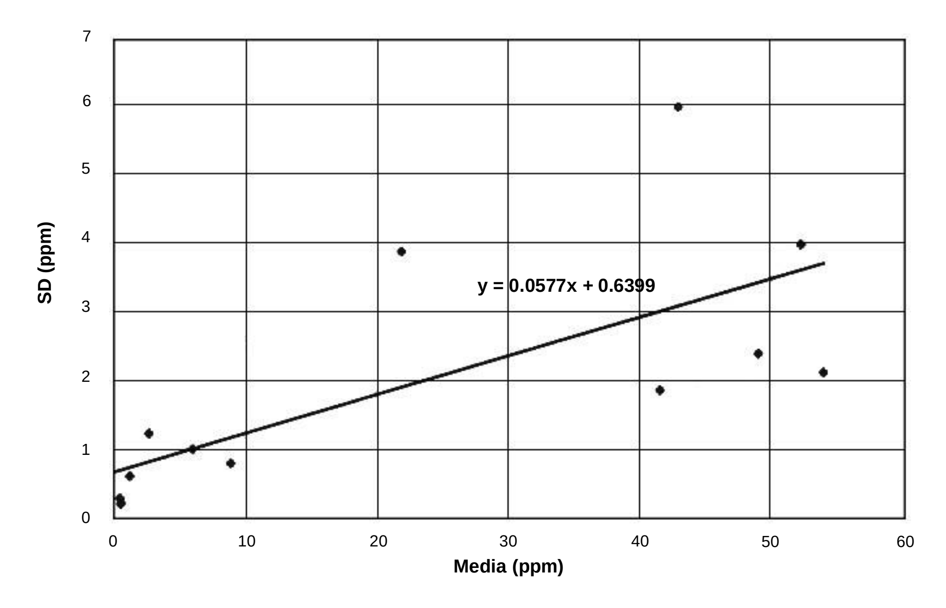
Muestras	Media	SD
ESTÁNDAR 1	1137.56	57.57
ESTÁNDAR 4	441.64	31.04
ESTÁNDAR 5	879.56	39.10
ESTÁNDAR 6	36.75	1.45
J-1	14.92	3.20
COR-1	5.15	1.06
M-1	9.08	1.86

Figura 36. Arsénico por AAS. Regresión de la desviación estándar vs media de análisis duplicados de muestras estándar



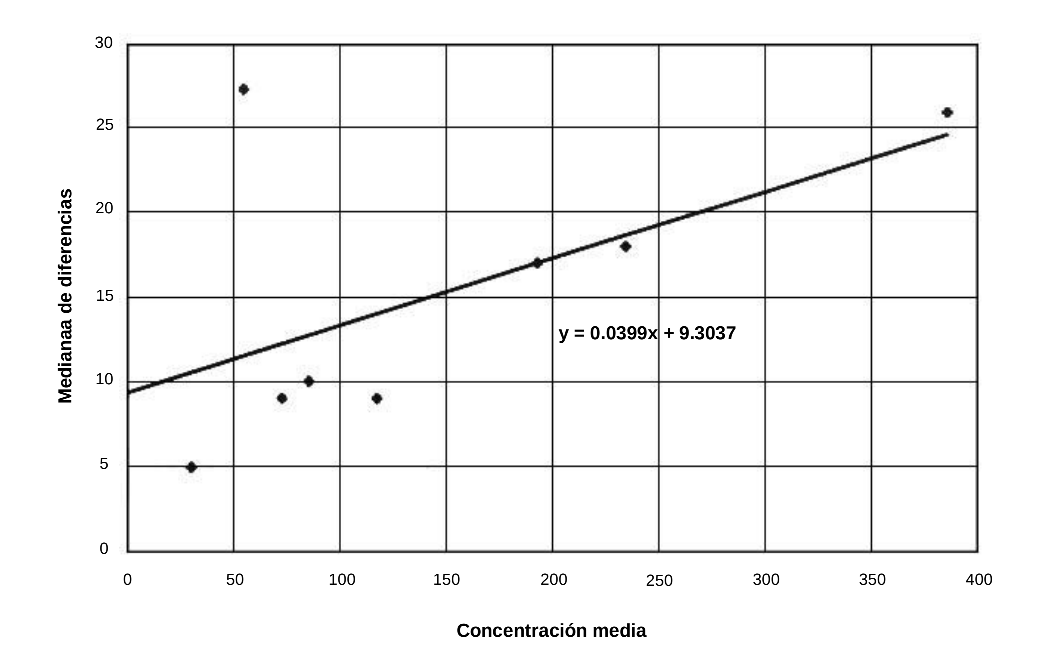
Media	Mediana
0.165	0.067
0.336	0.000
0.611	0.200
0.955	0.300
1.591	0.800
2.927	0.800
5.895	0.900
19.905	2.200

Figura 37. Antimonio. Regresión de la mediana de diferencias vs media de grupos de análisis duplicados



Muestras	Media	SD
ESTÁNDAR 1	52.180	4.0258
ESTÁNDAR 2	53.920	2.1569
ESTÁNDAR 3	49.020	2.4294
ESTÁNDAR 4	21.900	3.8839
ESTÁNDAR 5	41.560	1.8823
ESTÁNDAR 6	6.000	0.9832
ESTÁNDAR 7	8.900	0.7778
J-1	2.646	1.2057
COR-1	0.439	0.2583
M-1	1.215	0.5832
BCC3	42.91111	6.032919
BCC4	0.510000	0.172884
BCC5	0.563636	0.185864

Figura 38. Antimonio por AAS. Regresión de la desviación estándar vs media de análisis duplicados de muestras estándar



Media	Mediana
30.09	5.0
54.86	27.3
72.68	9.0
85.36	10.0
117.55	9.0
193.23	17.0
234.72	18.0
385.50	26.0

Figura 39. Vanadio. Regresión de la mediana de diferencias vs media de grupos de análisis duplicados

